

PROPOSTA DE UM MÉTODO DE AVALIAÇÃO DA SUSTENTABILIDADE NA CONSTRUÇÃO PRÉ-FABRICADA

TIAGO MANUEL SABENÇA RAMALHO

Dissertação submetida para satisfação parcial dos requisitos do grau de
MESTRE EM ENGENHARIA CIVIL — ESPECIALIZAÇÃO EM CONSTRUÇÕES

Orientador: Professor Doutor Alfredo Augusto Vieira Soeiro

JUNHO DE 2017

MESTRADO INTEGRADO EM ENGENHARIA CIVIL 2016/2017

DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA CIVIL

Tel. +351-22-508 1901

Fax +351-22-508 1446

✉ miec@fe.up.pt

Editado por

FACULDADE DE ENGENHARIA DA UNIVERSIDADE DO PORTO

Rua Dr. Roberto Frias

4200-465 PORTO

Portugal

Tel. +351-22-508 1400

Fax +351-22-508 1440

✉ feup@fe.up.pt

🌐 <http://www.fe.up.pt>

Reproduções parciais deste documento serão autorizadas na condição que seja mencionado o Autor e feita referência a *Mestrado Integrado em Engenharia Civil - 2016/2017 - Departamento de Engenharia Civil, Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, Porto, Portugal, 2017.*

As opiniões e informações incluídas neste documento representam unicamente o ponto de vista do respetivo Autor, não podendo o Editor aceitar qualquer responsabilidade legal ou outra em relação a erros ou omissões que possam existir.

Este documento foi produzido a partir de versão eletrónica fornecida pelo respetivo Autor.

Aos meus Pais e à Vânia

“O homem não teria alcançado o possível se, repetidas vezes, não tivesse tentado o impossível.”

Max Weber

AGRADECIMENTOS

Agradeço desde já a todas as pessoas que fazem parte integrante da minha vida e que contribuíram para a realização desta dissertação.

Ao Professor Doutor Alfredo Soeiro pela inteira disponibilidade para reunir sempre que necessário contribuindo com o seu vasto conhecimento e experiência.

Aos meus pais e a toda a minha família por tudo aquilo que representam para mim e por me fornecerem as melhores condições ao longo do meu percurso académico.

À Vânia por estar sempre presente nos bons e nos maus momentos e por todo o carinho e atenção disponibilizado ao longo da execução deste trabalho.

Aos meus amigos, em especial, ao João, Nuno, Isabel, Gito, Sofia, Migueis, Cris e Pedro pelos bons momentos vividos ao longo da minha vida académica.

RESUMO

Todos os edifícios construídos têm um impacto no meio ambiente. Na verdade, os edifícios usam, aproximadamente, 40% da energia mundial, emitem 40% da pegada de carbono no mundo e usam 20% da água potável existente no mundo. Felizmente, vivemos uma fase em que estamos a tentar evoluir no sentido de entender a melhor maneira de podermos tornar os edifícios mais eficientes em relação aos materiais, energia, resíduos e água, ou seja, tornar os edifícios mais sustentáveis.

Na presente dissertação, analisando de forma pormenorizada métodos de avaliação da sustentabilidade dos edifícios implementados em diversos países concluiu-se que existe uma área de estudo no ramo da construção que ainda não está bem definida: a Construção Pré-fabricada.

Assim sendo, depois de pesquisar e analisar indicadores de sustentabilidade usados no mundo da construção, elaborou-se uma lista de indicadores com vista a avaliar a Sustentabilidade na Construção Pré-fabricada, descrevendo para cada um deles o seu objetivo, metodologia de cálculo e o tempo de cálculo aconselhado. Além disso, cada um deles apresenta um sistema de classificação próprio em que através do resultado obtido se atribui uma classificação de 1 a 5 pontos.

De seguida, apresenta-se uma proposta de um Método de avaliação da Sustentabilidade na Construção Pré-fabricada, intitulado “Método ECOGREEN – Pré-fabricação” que avalia a sustentabilidade desde a fase de produção até à fase de aplicação em obra assente numa análise multicritério que tem por base todos os indicadores definidos atribuindo uma influência percentual a cada um deles. O objetivo principal consiste em atribuir um certificado a cada caso concreto baseado no somatório das pontuações obtidas após a aplicação deste método.

Para testar a aplicabilidade deste método, recorreu-se a um caso de estudo de uma moradia unifamiliar produzida recorrendo, exclusivamente, a um sistema de construção pré-fabricada designado *Modiko*, tendo por base a combinação de estruturas em aço.

Com este trabalho, pretende-se avaliar e certificar sistemas de Construção Pré-fabricada valorizando aqueles que apresentem melhores índices de sustentabilidade bem como criar uma metodologia de comparação no setor contribuindo para a melhoria da qualidade do mesmo e do nosso planeta.

PALAVRAS-CHAVE: Sustentabilidade, Construção Pré-fabricada, Indicadores de sustentabilidade, Métodos de avaliação, Construção Sustentável

ABSTRACT

All buildings have an impact on the environment. In fact, buildings use approximately 40% of the world's energy, emit 40% of the world's carbon footprint and use 20% of the world's existing drinking water. Fortunately, we're in a phase where we're trying to evolve to understand the best way we can make buildings more efficient regarding materials, energy, waste and water, that is, to make buildings more sustainable.

In this dissertation, analyzing in detail the methods of evaluating the sustainability of buildings implemented in several countries, it was concluded that there's a field of study in the construction sector that's not yet well defined: Prefabricated Construction.

Therefore, after researching and analyzing sustainability indicators used in the construction world, a list of indicators was prepared with the purpose of evaluating Sustainability in Prefabricated Construction, describing for each of them its purpose, calculation methodology and recommended calculation time. In addition, each one of them presents his own classification system in which through the result obtained is assigned a classification of 1 to 5 points.

The following is a proposal for a Sustainability Assessment Method in Prefabricated Construction, entitled "Método ECOGREEN – Pré-fabricação" which evaluates sustainability from the production phase to the application phase on site, based on a multicriteria analysis based on all the indicators defined, assigning a influence percentage to each one of them. The main goal is to assign a certificate to each concrete case based on the sum of the scores obtained after the application of this method.

To test the applicability of this method, a case study of an elaborate single-family dwelling was used, resorting exclusively to a prefabricated building system called Modiko, based essentially on the combination of steel structures.

This work intends to evaluate and certify Prefabricated Construction systems valuing those that present better sustainability indices as well as to create a methodology of comparison in the sector contributing to the improvement of the quality of the same and of our planet.

KEYWORDS: Sustainability, Sustainable Construction, Prefabricated Construction, Sustainability Indicators, Evaluation Methods

ÍNDICE GERAL

AGRADECIMENTOS	i
RESUMO	iii
ABSTRACT	v
1. APRESENTAÇÃO DO TRABALHO	1
1.1. ENQUADRAMENTO GERAL	1
1.2. OBJETIVOS	1
1.3. ESTRUTURA E ORGANIZAÇÃO DO TRABALHO	2
2. MÉTODOS DE AVALIAÇÃO DA SUSTENTABILIDADE NA CONSTRUÇÃO	5
2.1. CONSIDERAÇÕES GERAIS	5
2.2. O CONCEITO DE SUSTENTABILIDADE	6
2.3. O DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL	7
2.3.1. INTRODUÇÃO	7
2.3.2. BARREIRAS DA CONSTRUÇÃO SUSTENTÁVEL	7
2.4. CONDICIONANTES DO DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL EM PORTUGAL	8
2.5. PRINCÍPIOS DA CONSTRUÇÃO SUSTENTÁVEL	8
2.6. MÉTODOS DE AVALIAÇÃO DA SUSTENTABILIDADE NA CONSTRUÇÃO	10
2.6.1. MÉTODOS DE AVALIAÇÃO DA SUSTENTABILIDADE EXISTENTES A NÍVEL GLOBAL	10
2.6.1.1. Método BREEAM	10
2.6.1.2. Método VERDE	12
2.6.1.3. MÉTODO LEED	14
2.6.1.4. MÉTODO CASBEE	16
2.6.1.5. MÉTODO NABERS	18
2.6.1.6. MÉTODO HQE <i>BÂTIMENT DURABLE</i>	19
2.6.2. MÉTODOS DE AVALIAÇÃO DA SUSTENTABILIDADE EXISTENTES A NÍVEL NACIONAL	21
2.6.2.1. MÉTODO LIDERA	21
2.6.2.2. MÉTODO SBTOL ^{PT}	22

3. CONSTRUÇÃO PRÉ-FABRICADA EM PORTUGAL	25
3.1. CONSIDERAÇÕES GERAIS	25
3.2. O PAPEL DO DIRETOR DE OBRA NA PRÉ-FABRICAÇÃO	25
3.3. PRÉ-FABRICAÇÃO VS CONSTRUÇÃO TRADICIONAL	26
3.3.1. INTRODUÇÃO	26
3.3.2. PRINCIPAIS DIFERENÇAS ENTRE O MÉTODO TRADICIONAL E A PRÉ-FABRICAÇÃO	27
3.4. SISTEMA DE PRÉ-FABRICAÇÃO	28
3.5. EVOLUÇÃO DO SETOR DA CONSTRUÇÃO	30
3.6. HISTÓRIA E PROCESSO DE PRÉ-FABRICAÇÃO	31
3.7. PRINCIPAIS VANTAGENS DA PRÉ-FABRICAÇÃO	32
3.8. DIFICULDADES NA EVOLUÇÃO E IMPLEMENTAÇÃO DA PRÉ-FABRICAÇÃO	34
3.9. PRINCIPAIS EMPRESAS DE PRÉ-FABRICAÇÃO EM PORTUGAL	35
3.9.1. DREAMDOMUS	35
3.9.2. PRÉGAIA – PRÉ-FABRICADOS	36
3.9.3. MOTA-ENGIL - PRÉ-FABRICADOS	37
3.9.4. FARCIMAR SOLUÇÕES EM PRÉ-FABRICADOS DE BETÃO	39
3.9.5. TÉKETO MODULAR	40
3.9.6. MODULAR SYSTEM	41
3.9.7. SIT MODULAR SOLUTION	42
3.9.8. JULAR MADEIRAS	43
 4. PROPOSTA DE UM MÉTODO DE AVALIAÇÃO DA SUSTENTABILIDADE NA CONSTRUÇÃO PRÉ-FABRICADA	 45
4.1. CONSIDERAÇÕES GERAIS	45
4.2. A IMPORTÂNCIA DOS INDICADORES DE SUSTENTABILIDADE NA CONSTRUÇÃO	46
4.3. INDICADORES DE SUSTENTABILIDADE NA CONSTRUÇÃO	46
4.4. PROPOSTA DE INDICADORES DE SUSTENTABILIDADE NA CONSTRUÇÃO PRÉ-FABRICADA	47
4.4.1. INDICADORES DE PRODUÇÃO	49
4.4.1.1. Metodologia de cálculo do Indicador A.1	49
4.4.1.2. Metodologia de cálculo do Indicador A.2	51
4.4.1.3. Metodologia de cálculo do Indicador A.3	52

4.4.1.4. Metodologia de cálculo do Indicador A.4	53
4.4.1.5. Metodologia de cálculo do Indicador A.5	54
4.4.1.6. Metodologia de cálculo do Indicador A.6	55
4.4.1.7. Metodologia de cálculo do Indicador A.7	57
4.4.2. INDICADORES DE TRANSPORTE.....	58
4.4.2.1. Metodologia de cálculo do Indicador B.1	58
4.4.2.2. Metodologia de cálculo do Indicador B.2	59
4.4.2.3. Metodologia de cálculo do Indicador B.3	61
4.4.3. INDICADORES DE APLICAÇÃO.....	62
4.4.3.1. Metodologia de cálculo do Indicador C.1	62
4.4.3.2. Metodologia de cálculo do Indicador C.2	63
4.4.3.3. Metodologia de cálculo do Indicador C.3	64
4.4.4. INDICADORES DE ENERGIA	65
4.4.4.1. Metodologia de cálculo do Indicador D.1	65
4.4.4.2. Metodologia de cálculo do Indicador D.2	67
4.4.4.3. Metodologia de cálculo do Indicador D.3	68
4.4.5. INDICADORES DE MATERIAIS	69
4.4.5.1. Metodologia de cálculo do Indicador E.1	69
4.4.5.2. Metodologia de cálculo do Indicador E.2	71
4.4.5.3. Metodologia de cálculo do Indicador E.3	72
4.4.5.4. Metodologia de cálculo do Indicador E.4	74
4.4.5.5. Metodologia de cálculo do Indicador E.5	75
4.4.5.6. Metodologia de cálculo do Indicador E.6	77
4.4.6. INDICADORES DE MÃO-DE-OBRA.....	78
4.4.6.1. Metodologia de cálculo do Indicador F.1.....	78
4.4.6.2. Metodologia de cálculo do Indicador F.2.....	79
4.5. PROPOSTA DE UM MÉTODO DE AVALIAÇÃO DA SUSTENTABILIDADE NA CONSTRUÇÃO PRÉ-FABRICADA	80
4.5.1. METODOLOGIA DE CÁLCULO	80
4.5.2. SISTEMA DE CLASSIFICAÇÃO.....	82
5. CASO DE ESTUDO	85
5.1. CONSIDERAÇÕES GERAIS.....	85

5.2. DESCRIÇÃO DO CASO DE ESTUDO	86
5.3. MÉTODO DE CONSTRUÇÃO: SISTEMA CONSTRUTIVO <i>MODIKO</i>	87
5.3.1. PERFIS <i>PERFLEX</i>	88
5.3.2. PAREDES <i>MODIKO</i>	89
5.4. AVALIAÇÃO DOS INDICADORES DE SUSTENTABILIDADE	90
5.4.1. AVALIAÇÃO DOS INDICADORES DE PRODUÇÃO	90
5.4.1.1. Cálculo do Indicador A.1.....	90
5.4.1.2. Cálculo do Indicador A.2.....	91
5.4.1.3. Cálculo do Indicador A.3.....	91
5.4.1.4. Cálculo do Indicador A.4	91
5.4.1.5. Cálculo do Indicador A.5.....	91
5.4.1.6. Cálculo do Indicador A.6.....	92
5.4.1.7. Cálculo do Indicador A.7.....	92
5.4.2. AVALIAÇÃO DOS INDICADORES DE TRANSPORTE	92
5.4.2.1. Cálculo do Indicador B.1	92
5.4.2.2. Cálculo do Indicador B.2.....	93
5.4.2.3. Cálculo do Indicador B.3.....	93
5.4.3. AVALIAÇÃO DOS INDICADORES DE APLICAÇÃO	93
5.4.3.1. Cálculo do Indicador C.1	93
5.4.3.2. Cálculo do Indicador C.2	93
5.4.3.3. Cálculo do Indicador C.3	94
5.4.4. AVALIAÇÃO DOS INDICADORES DE ENERGIA.....	94
5.4.4.1. Cálculo do Indicador D.1	94
5.4.4.2. Cálculo do Indicador D.2	94
5.4.4.3. Cálculo do Indicador D.3	95
5.4.5. AVALIAÇÃO DOS INDICADORES DE MATERIAIS	95
5.4.5.1. Cálculo do Indicador E.1	95
5.4.5.2. Cálculo do Indicador E.2.....	95
5.4.5.3. Cálculo do Indicador E.3.....	95
5.4.5.4. Cálculo do Indicador E.4.....	96
5.4.5.5. Cálculo do Indicador E.5.....	96
5.4.5.6. Cálculo do Indicador E.6.....	96
5.4.6. AVALIAÇÃO DOS INDICADORES DE MÃO-DE-OBRA	96

5.4.6.1. Cálculo do Indicador F.1	96
5.4.6.2. Cálculo do Indicador F.2.....	97
5.5. APLICAÇÃO DO “MÉTODO ECO-GREEN PRÉ-FABRICAÇÃO”	97
5.6. INCORPORAÇÃO DO “MÉTODO ECO-GREEN PRÉ-FABRICAÇÃO” NO MERCADO DA CONSTRUÇÃO	99
 6. CONCLUSÃO	 101
6.1. CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	101
6.2. PERSPETIVAS FUTURAS	102
 BIBLIOGRAFIA.....	 103

ÍNDICE DE FIGURAS

Fig.1 – Simbolologia da Certificação BREEAM	11
Fig. 2 – Metodologia de atribuição da classificação BREEAM	12
Fig. 3 – Simbologia do <i>Green Building Council espanã</i>	12
Fig. 4 – Simbologia da Certificação LEED	14
Fig. 5 – Simbologia do método CASBEE	17
Fig. 6 – Simbologia do método NABERS.....	17
Fig. 7 – Sistema de classificação NABERS	18
Fig. 8 – Simbologia do método HQE <i>Bâtiment Durable</i>	19
Fig. 9 – Simbologia do método LiderA	20
Fig. 10 – Áreas de análise do método LiderA	21
Fig. 11 – Sistema de classificação LiderA	22
Fig. 12 – Simbologia do método SBT ^{PT}	22
Fig. 13 – Exemplo de uma construção pré-fabricada em aço	32
Fig. 14 – Exemplo de uma construção box-culvert	36
Fig. 15 – Edifício transparente, Solução de fachadas transparentes	37
Fig. 16 – Fachada em GFRC, <i>Broad Museum</i> , Los Angeles.....	38
Fig. 17 – Hospital de proximidade de Lamego, Painéis de fachada em GFRC	39
Fig. 18 – Modelo <i>Porch</i> em Santa Joana, Sistema construtivo <i>Modiko Modular Construction Technology</i>	41
Fig. 19 – Restaurante <i>Buhle</i> em Matosinhos, <i>Modular System</i>	42
Fig. 20 – Bar na Póvoa do Varzim	43
Fig. 21 – Planta do Modelo <i>Treehouse</i> com 6 módulos	43
Fig. 22 – Planta do Modelo <i>Treehouse</i> com 8 módulos	43
Fig. 23 – <i>Zmar Eco Campo Resort & Spa</i> , Zambujeira do Mar	44
Fig. 24 – Valores de carbono incorporado de materiais de construção.....	71
Fig. 25 – Vista do alçado sul da moradia, Projeto de arquitetura	86
Fig. 26 – Vista do alçado norte da moradia, Projeto de arquitetura.....	86
Fig. 27 – Pormenor do alçado norte da moradia, Projeto de arquitetura.....	86
Fig. 28 – Vista do alçado este da moradia, Projeto de arquitetura	86
Fig. 29 – Planta da cobertura	86
Fig. 30 – Planta do piso 0.....	86
Fig. 31 – Planta do piso 1.....	86

Fig. 32 – Exemplo de uma moradia em fase de construção	87
Fig. 33 – Exemplo de uma moradia em fase de acabamentos	87
Fig. 34 – Perfil <i>Perflex</i>	88
Fig. 35 – Exemplo de uniões entre diversos perfis <i>Perflex</i>	88
Fig. 36 – Perfil <i>Modiko</i> C1	89
Fig. 37 – Perfil <i>Modiko</i> C2	89
Fig. 38 – Perfil <i>Modiko</i> C4	89
Fig. 39 – Parte exterior representativa de uma parede <i>Modiko</i>	90

ÍNDICE DE TABELAS

Tabela 1 - Indicadores para avaliar a Sustentabilidade na Construção Pré-fabricada.....	48
Tabela 2 – Indicadores de Produção – Indicador A.1.....	50
Tabela 3 – Sistema de classificação – Indicador A.1.....	50
Tabela 4 – Indicadores de Produção – Indicador A.2.....	51
Tabela 5 – Sistema de classificação – Indicador A.2.....	51
Tabela 6 – Indicadores de Produção – Indicador A.3.....	52
Tabela 7 – Sistema de classificação – Indicador A.3.....	53
Tabela 8 – Indicadores de Produção – Indicador A.4.....	53
Tabela 9 – Sistema de classificação – Indicador A.4.....	54
Tabela 10 – Indicadores de Produção – Indicador A.5.....	54
Tabela 11- Sistema de classificação – Indicador A.5.....	55
Tabela 12 – Indicadores de Produção – Indicador A.6.....	56
Tabela 13 – Sistema de classificação – Indicador A.6.....	56
Tabela 14 – Indicadores de Produção – Indicador A.7.....	57
Tabela 15 – Sistema de classificação – Indicador A.7.....	58
Tabela 16 – Indicadores de Transporte – Indicador B.1.....	59
Tabela 17 – Sistema de classificação – Indicador B.1.....	59
Tabela 18 – Indicadores de Transporte – Indicador B.2.....	60
Tabela 19 – Sistema de classificação – Indicador B.2.....	60
Tabela 20 – Indicadores de Transporte – Indicador B.3.....	61
Tabela 21 – Sistema de classificação – Indicador B.3.....	61
Tabela 22 – Indicadores de Aplicação – Indicador C.1.....	62
Tabela 23 – Sistema de classificação – Indicador C.1.....	63
Tabela 24 – Indicadores de Aplicação – Indicador C.2.....	63
Tabela 25 – Sistema de classificação – Indicador C.2.....	64
Tabela 26 – Indicadores de Aplicação – Indicador C.3.....	64
Tabela 27 – Sistema de classificação – Indicador C.3.....	65
Tabela 28 – Indicadores de Energia – Indicador D.1.....	66
Tabela 29 – Sistema de classificação – Indicador D.1.....	66
Tabela 30 – Indicadores de Energia – Indicador D.2.....	67
Tabela 31 – Sistema de classificação – Indicador D.2.....	67

Tabela 32 – Indicadores de Energia – Indicador D.3.	68
Tabela 33 – Sistema de classificação – Indicador D.3.....	68
Tabela 34 – Indicadores de Materiais – Indicador E.1.	70
Tabela 35 – Sistema de classificação – Indicador E.1.....	70
Tabela 36 – Indicadores de Materiais – Indicador E.2.	71
Tabela 37 – Sistema de classificação – Indicador E.2.....	72
Tabela 38 – Indicadores de Materiais – Indicador E.3.	73
Tabela 39 – Sistema de classificação – Indicador E.3.....	73
Tabela 40 – Indicadores de Materiais – Indicador E.4.	75
Tabela 41 – Sistema de classificação – Indicador E.4.....	75
Tabela 42 – Indicadores de Materiais – Indicador E.5.	76
Tabela 43 – Sistema de classificação – Indicador E.5.....	76
Tabela 44 – Indicadores de Materiais – Indicador E.6.	77
Tabela 45 – Sistema de classificação – Indicador E.6.....	77
Tabela 46 – Indicadores de Mão-de-obra – Indicador F.1.	78
Tabela 47 – Sistema de classificação – Indicador F.1.....	79
Tabela 48 – Indicadores de Mão-de-obra – Indicador F.2.	79
Tabela 49 – Sistema de classificação – Indicador F.2.....	80
Tabela 50 – Influências em termos percentuais de cada área de análise e de todos os indicadores que integram o método.....	81
Tabela 51 – Sistema de classificação do Método ECO-GREEN Pré-fabricação.....	83
Tabela 52 – Aplicação do “Método ECOGREEN Pré-fabricação” apresentando os valores das avaliações atribuídas a cada indicador em análise.....	97

SÍMBOLOS, ACRÓNIMOS E ABREVIATURAS

CO₂ – Dióxido de Carbono

CH₄ – Gás Metano

N₂O – Óxido nitroso

APA – Agência Portuguesa do Ambiente

APCER – Associação Portuguesa de Certificação

AVAC – Aquecimento, Ventilação e Ar condicionado

BEPAC – *Building Environmental Performance Assessment Criteria*

BRE – *Building Research Establishment*

BREEAM - *Building Research Establishment Environmental Assessment Method*

CASBEE – *Comprehensive Assessment System for Building Environmental Efficiency*

CCOP – Construção Civil e Obras Públicas

CSO – Coordenador de Segurança em Obra

DAP – Declarações Ambientais de Produto

DGNB – *Deutsche Gesellschaft Fur Nachhaltiges Bauen*

DO – Diretor de Obra

EDP – *Environmental Product Declaration*

EPS – *Expanded Polystyrene*

E.U.A. – Estados Unidos da América

GFRC – *Glass Fiber Reinforced Concrete*

GBCe – *Green Building Council Espanã*

FEUP – Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto

GEE – Gases de efeito de estufa

HQE – *Haute Qualité Environnementale*

JSBC – *Japan Sustainable Building Consortium*

LEED – *Leadership in Energy and Environmental Design*

LIDERA – Liderar pelo Ambiente

LSF – *Light Steel Frame*

NABERS – *National Australian Environment Rating System*

NZEB – *Nearly zero energy building*

OSB – *Oriented Strand Board*

PEFC – Sistema de Certificação da Gestão Florestal Sustentável

PCS – Portal da Construção Sustentável

PME – Pequenas e médias empresas

RCD – Resíduos de Construção e Demolição

RRAE – Regulamento dos Requisitos Acústicos dos Edifícios

SBTool^{PT} – *Sustainable Building Tool* Portugal

TSST – Técnico Superior de Segurança no Trabalho

U.E. – União Europeia

USGBC – *United States Green Building Council*

Fig. – Figura

Kg – Quilograma

min - minutos

mm – milímetros

ml – metro linear

Tab. – Tabela

1

APRESENTAÇÃO DO TRABALHO

1.1. ENQUADRAMENTO GERAL

A construção civil é uma das indústrias mais importantes do mundo contribuindo para a melhoria da qualidade de vida da população em geral. Constitui uma das indústrias com maior influência na economia global, interferindo diretamente e indiretamente com inúmeras atividades.

A indústria da construção tem uma íntima relação com as necessidades humanas, uma vez que o conforto habitacional, estrutural e a disposição dos bens e serviços comuns condiciona o dia-a-dia da população. Trata-se de uma atividade que é imprescindível ao ser humano e que, com a evolução da sociedade, necessita de pessoas cada vez mais dotadas de conhecimentos que mantenham sempre esta indústria a par das suas necessidades. Devido à sua complexidade e abrangência, surge uma enorme responsabilidade e a necessidade de estar em constante evolução e inovação.

Por outro lado, a construção civil é uma das indústrias que mais contribui para a poluição do planeta. Procura-se, portanto, construir cada vez mais com critério e responsabilidade, pensando não só no presente mas também no futuro. O mercado da construção envolve-se inevitavelmente de forma bastante ativa nas questões ambientais devido aos elevados consumos energéticos e de matérias-primas não renováveis, emissão de gases de efeito de estufa (GEE), produção de materiais com propriedades tóxicas, produção de resíduos de construção e demolição (RCD), entre outros.

O impacto negativo da construção civil no planeta é uma questão preocupante e visível na natureza. A escassez de água, a poluição do ambiente, a produção de resíduos e as alterações climáticas, resultantes essencialmente da emissão de GEE, como o CO₂, CH₄, N₂O entre outros são preocupantes, sendo o aquecimento global um dos melhores exemplos destas alterações climáticas. Assim sendo, torna-se imprescindível implementar o conceito de sustentabilidade em todas as fases da obra, sendo crucial adotá-lo para que sejam cumpridos os objetivos propostos pela União Europeia (UE).

1.2. OBJETIVOS

O objetivo principal desta dissertação de Mestrado na especialidade de Construções é criar um método de avaliação da sustentabilidade na Construção Pré-fabricada tendo em vista a possibilidade de atribuir uma certificação a este método construtivo que apresenta um elevado potencial de expansão e inovação no mercado da construção.

De modo a alcançar este objetivo, é necessário abordar e estudar várias temáticas relacionadas com a sustentabilidade, analisando a forma como podemos e devemos avaliar a sustentabilidade na construção.

Assim sendo, de forma a atingir a meta final proposta, esta dissertação tem como objetivos complementares:

- Analisar o conceito e o panorama atual da Sustentabilidade na Construção;
- Pesquisar e analisar métodos existentes de avaliação da sustentabilidade na construção em Portugal e no mundo;
- Analisar o conceito de Construção Pré-fabricada, demonstrando as suas principais vantagens para o setor da construção bem como as dificuldades de aplicação do mesmo;
- Estudar as principais empresas portuguesas que atuam no mercado da pré-fabricação;
- Elaborar uma lista de indicadores de sustentabilidade apropriada para avaliar a sustentabilidade na Construção Pré-fabricada;
- Estabelecer um sistema de avaliação para cada um dos indicadores com vista à sua implementação no método a criar;
- Definir e explicar o funcionamento da metodologia de avaliação da sustentabilidade na Construção Pré-fabricada;
- Elaborar um sistema de avaliação que permita atribuir uma certificação ao nível da sustentabilidade com base na avaliação dos indicadores de sustentabilidade propostos.

1.3. ESTRUTURA E ORGANIZAÇÃO DO TRABALHO

A dissertação está estruturada em seis capítulos principais que se dividem em diversos pontos, abordando de forma mais específica cada temática:

1. Apresentação do trabalho;
2. Métodos de Avaliação da Sustentabilidade na Construção;
3. Construção Pré-fabricada em Portugal;
4. Proposta de um Método de Avaliação da Sustentabilidade na Construção Pré-fabricada;
5. Caso de Estudo;
6. Conclusão.

O presente capítulo apresenta um enquadramento geral da temática em estudo e explica de um modo geral o que se pretende obter com a elaboração desta dissertação definindo o objetivo principal e os objetivos intermédios propostos.

O segundo capítulo apresenta o conceito de Sustentabilidade, abordando diversas barreiras à implementação de construções mais sustentáveis, os objetivos da incorporação deste conceito no mercado da construção e expõe exemplos dos principais métodos de avaliação da sustentabilidade existentes em Portugal e no mundo.

O terceiro capítulo aborda o tema da Construção Pré-fabricada em Portugal, apresentando as etapas construtivas deste método de construção, bem como as principais vantagens desta metodologia. Apresenta ainda as empresas portuguesas que atualmente atuam neste ramo da construção e as principais diferenças relativamente ao método de construção tradicional.

No quarto capítulo, inicialmente, é abordado o tema dos indicadores de sustentabilidade referindo a utilidade e importância dos mesmos. Apresenta-se uma proposta de uma lista de indicadores de sustentabilidade a implementar na construção pré-fabricada e, posteriormente, é definido e explicado uma proposta de um método de avaliação da sustentabilidade na Construção Pré-fabricada, baseado nesses mesmos indicadores.

O caso de estudo escolhido para implementação da proposta de avaliação da sustentabilidade é apresentado no capítulo cinco, começando por enunciar uma breve descrição do mesmo, explicar o sistema construtivo utilizado nesta obra, aplicar o método de avaliação da sustentabilidade e apresentar os resultados obtidos.

Por fim, no capítulo seis, são apresentadas as conclusões finais deste trabalho e enunciadas perspectivas futuras relacionadas com os temas abordados nesta dissertação.

2

MÉTODOS DE AVALIAÇÃO DA SUSTENTABILIDADE NA CONSTRUÇÃO

2.1. CONSIDERAÇÕES GERAIS

O setor da Construção Civil e Obras Públicas (CCOP) é uma área muito diferenciada dos outros setores de atividade, quer em termos produtivos, quer em termos de mercado de trabalho. Constitui um grave problema para a sua atividade o nível exagerado de extração de diversas matérias-primas de origem não renovável, os consumos energéticos elevados e, consequentemente, as elevadas emissões de gases que contribuem para o efeito de estufa (Torgal e Jalali, 2010).

A construção de novas estruturas, a reabilitação do património edificado e as demolições produzem uma quantidade avultada de resíduos onde o seu tratamento ou destino deve ser projectado e bem definido, antes mesmo do início da obra.

A Construção é uma atividade económica com especificidades próprias e constitui um setor muito diferenciado dos restantes, podendo ser caracterizado por uma grande diversidade de (Baganha, Marques e Góis, 2002):

- Clientes, que podem ser o Estado, Autarquias locais e particulares ou empresas de qualquer tipologia e dimensão que pretende efetuar uma construção;
- Projetos, sempre com características bastante distintas, que dificultam a implementação de processos standardizados e o desenvolvimento de tecnologias de produção generalistas que podem ser atribuídas a qualquer obra de construção;
- Operações produtivas, que necessitam de cada vez mais articulação entre as diversas especialidades de projeto, onde são cada vez mais diferenciadas e exigentes;
- Produtos, onde existe um mercado cada vez mais competitivo sempre na busca da inovação e eficiência dos mesmos, adaptados e preparados para serem implementados desde as obras mais simples às mais complexas;
- Tecnologias, cada vez mais inovadoras onde a conjugação das mais avançadas com as restantes exige uma adaptabilidade e um conhecimento elevado de conceitos onde a coexistência entre todas tem de ser um ponto forte;
- Unidades produtivas, sendo o fator mão-de-obra muito importante, principalmente, nas pequenas empresas e onde o recurso das grandes empresas à tecnologia é cada vez melhor aproveitado.

Analisando a atualidade e as previsões para os anos futuros considera-se imperativo introduzir uma nova perspetiva aliada a conceitos inovadores que têm vindo a ter especial foco junto das entidades políticas.

A título de interesse geral, é de salientar que a indústria da construção incorpora aproximadamente 40% das pedras e areias consumidas por ano e contribui de forma bastante negativa para a natureza, representado 25% da extracção anual de madeira no planeta (Brown, 2001).

2.2. O CONCEITO DE SUSTENTABILIDADE

Definir o conceito de sustentabilidade é provavelmente tão complexo como o próprio tema na medida em que não existe consenso relativamente a esta matéria. Observa-se uma disparidade conceitual considerável nas discussões referentes ao modo de avaliação da sustentabilidade. Existe uma série de ferramentas ou sistemas que procuram avaliar o grau de sustentabilidade, porém não se conhecem adequadamente as características teóricas e práticas destas ferramentas. No entanto, no que diz respeito aos diversos especialistas da área do meio ambiente, estes afirmam que uma ferramenta de avaliação pode ajudar a transformar a preocupação com a sustentabilidade numa ação pública consistente (Van Bellen, 2004).

A sustentabilidade é um tema muito abrangente e encontra-se em constante evolução. Segundo Sachs (1990), a sustentabilidade constitui um conceito dinâmico que tem em consideração as necessidades crescentes da população num panorama internacional em expansão, tendo como base cinco áreas principais:

- Sustentabilidade social;
- Economia;
- Ecologia;
- Geografia;
- Cultura.

A primeira diz respeito às diminuições das diferenças sociais presentes na nossa sociedade. A segunda, refere-se à sustentabilidade ao nível económico e está relacionada com questões públicas e privadas além da gestão adequada e racional dos recursos naturais existentes. A sustentabilidade ecológica relaciona-se com o uso eficiente dos recursos existentes nos diversos ecossistemas. A dimensão geográfica vincula-se à gestão espacial da área rural e urbana mais equilibrada e a última centra-se na continuidade e progressão da cultura vigente (AGOSTINHO, ORTEGA e ROMEIRO, 2007).

No final do século XX, começaram a crescer as preocupações relativas às questões da sustentabilidade, facto denotado principalmente no Relatório *Brundtland – Our Common Future* em 1987. Este documento foi elaborado pela comissão mundial sobre o meio ambiente e o desenvolvimento liderada por Gro Harlem Brundtland, primeira-ministra da Noruega, e constituiu um importante passo para o desenvolvimento sustentável na medida em que visa a incompatibilidade entre o desenvolvimento sustentável e os padrões de produção e consumo à data em vigor. De acordo com o que foi publicado pela Comissão *Brundtland*, o conceito de desenvolvimento sustentável é “o desenvolvimento que satisfaz as necessidades presentes, sem comprometer a capacidade das gerações futuras atenderem às suas próprias necessidades” (Brundtland, 1987).

2.3. O DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL

2.3.1. INTRODUÇÃO

O estado do ambiente do planeta é um assunto de interesse para toda a população mas na realidade, por vezes, esta não o reconhece dessa forma. A maioria das pessoas não demonstra preocupação por este tipo de matérias porque considera que não tem intervenção com as mesmas ou simplesmente por falta de interesse ou despreocupação relativamente à sustentabilidade das gerações futuras, centrando-se apenas no presente.

A definição do que se consideram ser boas práticas de sustentabilidade na construção é um assunto pouco concreto que pode ser interpretado de diversas formas pelos diferentes intervenientes no processo, desde o Dono de Obra aos engenheiros responsáveis pelas diversas áreas de ação. Cada pessoa olha e interpreta de maneira diferente aquilo que pode ser uma boa medida com vista a melhorar os índices de sustentabilidade, sendo muito complicado aplicar medidas que satisfaçam todas as partes envolvidas e que apresentem ainda compensações a nível financeiro para o Dono de Obra. Esta problemática e as dificuldades que surgem diariamente na adoção de procedimentos que refletem uma melhoria dos índices de sustentabilidade nas obras deve-se essencialmente às seguintes variáveis (Pitt et al., 2009):

- Consciência do cliente;
- Regulamentos de construção;
- Investimento;
- Incentivos financeiros;
- Medições dos índices de sustentabilidade;
- Políticas de planeamento;
- Impostos e taxas.

2.3.2. BARREIRAS DA CONSTRUÇÃO SUSTENTÁVEL

Um grande entrave ao desenvolvimento da sustentabilidade em Portugal são as ideologias que persistem em muita da mão-de-obra ativa na construção civil que não está mentalizada relativamente à importância e aos benefícios provenientes da adoção de políticas sustentáveis. A elevada percentagem de trabalhadores que apenas nos últimos anos começou a deparar-se com a problemática da sustentabilidade nas obras não dá a importância necessária a esta matéria, tanto devido à sua idade avançada como ao conhecimento empírico baseado na famosa expressão popular: “Sempre fiz assim, vou continuar a fazer” que muitos dos trabalhadores possuem. Esta mentalidade é uma dificuldade atual com que se deparam não só os Diretores de Obra, Engenheiros e outros intervenientes da construção em Portugal.

Conseguir alterar os pensamentos e ideologias das pessoas e mostrar-lhes que agora é necessário realizar a mesma atividade recorrendo a novos processos ao invés da forma como era executado durante toda a sua vida profissional é um processo, por vezes, extramente complicado e baseado, essencialmente, em relações interpessoais que se incluem nas atividades diárias que os responsáveis pela construção têm de enfrentar.

Nas diversas partes do processo, desde o projeto até à conclusão da obra, existem inúmeras barreiras que impedem o desenvolvimento sustentável (Pitt et al., 2009):

- Acessibilidade;

- Regulamentos de construção;
- Falta de consciência do cliente;
- Falta de entendimento nos negócios;
- Falta de demanda dos clientes;
- Escassez de tecnologias alternativas comprovadas.

2.4. CONDICIONAMENTOS DO DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL

Nos últimos anos, Portugal tem tentado acompanhar a Europa e o Mundo nos assuntos que dizem respeito ao tema da Sustentabilidade mas há ainda muito a fazer. De modo a envolver mais as pessoas sobre as preocupações relativas a esta temática têm sido realizadas inúmeras atividades tais como colóquios, *workshops*, encontros e palestras com oradores prestigiados com o objetivo de debater e estudar soluções que permitam a melhoria da sustentabilidade no mundo da construção.

Por outro lado, as condicionantes são infindáveis e para implementar medidas que realmente promovam e sustentem a melhoria dos índices de sustentabilidade na construção existe um longo caminho a percorrer. No que diz respeito à componente ambiental, podemos enunciar os cinco principais condicionamentos ao desenvolvimento sustentável em Portugal (Torgal e Jalali, 2010):

- Políticas de gestão de resíduos inadequadas;
- Património natural e de biodiversidade em risco;
- Elevada dependência energética;
- Gestão de recursos hídricos deficientemente aproveitada;
- Emissão de gases que contribuem para o efeito de estufa.

2.5. PRINCÍPIOS DA CONSTRUÇÃO SUSTENTÁVEL

A construção sustentável tem um peso cada vez mais significativo no mercado da construção e a tendência será sempre para aumentar. Os objetivos gerais de qualquer obra de Engenharia Civil incluem diversos fatores, tais como a durabilidade, funcionalidade, segurança, ambiente ou a economia sustentável.

Sendo o excesso de construção um facto incontornável na sociedade atual e existindo a necessidade de se construir de forma mais sustentável, é cada vez mais importante saber quais as melhores medidas a implementar com o objetivo de reduzir o consumo de recursos, tais como a energia e a água. Estas medidas induzem também em simultâneo vantagens ao nível da área social, ambiental e política.

O Portal da Construção Sustentável (PCS) surge em 2010 precisamente com o objetivo de valorizar, sensibilizar e abordar metodologias que melhorem a qualidade construtiva, a eficiência energética e a forma como reabilitamos os edifícios (PCS, 2017).

O PCS destina-se a todas as entidades intervenientes no mercado da construção e pretende auxiliar o mundo da construção no sentido de aumentar a sustentabilidade do setor, procurando reunir como parceiras todas as empresas e entidades em que os serviços ou produtos que comercializam obedeçam a pelo menos quatro dos seus princípios e que em seguida se listam (PCS, 2017):

- Princípio da relação do consumo de recursos: centrado, essencialmente na utilização de produtos de construção que potenciem a redução do consumo energético e de recursos

naturais, valorizando a inovação dos produtos correntes que apresentem um balanço energético e ambiental mais vantajoso;

- Princípio da reutilização e/ou reciclagem: os produtos devem ser reutilizáveis e/ou recicláveis evitando a exploração e consumo de novas matérias-primas, consumos de energia e restantes custos associados ao fabrico de uma nova componente construtiva;
- Princípio da absorção de CO₂: valoriza a incorporação na construção de elementos como, por exemplo, a madeira e a cortiça, considerados bons materiais absorventes de CO₂;
- Princípio da renovação: beneficiar a utilização de materiais que a natureza tem capacidade de gerar de forma inesgotável, não comprometendo as gerações futuras;
- Princípio da pureza na sua composição: privilegia o uso de produtos mais simples onde são incorporadas menos matérias-primas possibilitando uma separação e reciclagem mais fácil e tornando o processo de fabrico menos complexo;
- Princípio da baixa energia incorporada: valoriza os produtos com baixa energia incorporada onde a racionalização de consumos energéticos é realizada desde a extração dos seus componentes, passando pelo processo de fabrico, transporte e utilização; Geralmente, as tecnologias mais avançadas são benéficas em termos de poupança energética;
- Princípio da origem local: promove o uso de matérias-primas e tecnologias locais, valorizando o desenvolvimento económico nacional; Os produtos mais complexos e que necessitam de um tempo de transporte mais extenso tornam-se menos sustentáveis em relação aos produtos locais;
- Princípio da inocuidade à saúde humana: o produto final bem como os seus constituintes individualmente não devem prejudicar a saúde humana; Devem ser valorizados materiais que não provoquem libertação de gases tóxicos ou outras substâncias perigosas desde a fase de produção até ao final da vida útil do edifício; Este princípio é obrigatório para uma empresa se poder constituir parceira do PCS;
- Princípio da durabilidade e/ou da baixa manutenção: a durabilidade das componentes é, naturalmente, um ótimo indicador de sustentabilidade porque permite que não seja necessário a curto/médio prazo recorrer a novos produtos; Se aliado a um bom índice de durabilidade, existir uma manutenção reduzida ou mesmo inexistente seria o ideal, evitando assim consumos complementares, tais como recursos materiais ou económicos;
- Princípio da certificação acreditada: o PCS valoriza as certificações que podem ser atribuídas a nível nacional acreditadas por entidades de certificação com provas dadas no setor.

A sustentabilidade dos edifícios permite melhorar a qualidade de vida dos habitantes em diversos aspetos do seu quotidiano. Assim sendo, os objetivos principais da construção sustentável são (Mateus, 2009):

- Minimizar os custos do ciclo de vida;
- Economizar energia e água;
- Diminuir o peso da estrutura final;
- Utilizar materiais eco-eficientes;
- Planear a conservação e reabilitação futura;
- Garantir condições de higiene e segurança;
- Assegurar a salubridade dos edifícios;

O interesse pela vida útil dos edifícios e a necessidade futura de manutenção têm despertado a atenção por parte dos intervenientes no mercado da construção de adotar uma metodologia para o planeamento da vida útil do edifício baseada em fatores padrão.

2.6. MÉTODOS DE AVALIAÇÃO DA SUSTENTABILIDADE NA CONSTRUÇÃO

No mundo da construção existe cada vez mais a preocupação de tentar traduzir em números os valores relativos às questões da sustentabilidade na construção. Ao longo dos últimos anos foram criadas diversas metodologias em vários países que permitem obter índices de sustentabilidade podendo assim analisar, quantificar e comparar soluções com o objetivo de inovar e melhorar neste ramo, seja diminuindo o consumo de água, utilizando métodos construtivos mais práticos e “amigos” do ambiente ou evitando a produção exagerada de RCD.

Apesar das tentativas incessantes de inovação e capacidade de abranger as diversas vertentes da construção, não existe nenhum método com uma aceitação internacional unânime uma vez que se trata de um assunto com um elevado grau de subjetividade, em que os enquadramentos ambientais, sociais e económicos apresentam uma grande diferenciação de país para país.

Os métodos de avaliação de sustentabilidade apresentam como base de estudo uma série de indicadores de sustentabilidade, a maioria deles comuns ao conjunto de metodologias que existem no mercado. Devido a essa heterogeneidade, cada método atribui um peso ou fator de ponderação diferente adaptado e contextualizado com as condicionantes e os fatores ambientais inerentes dos locais onde se inserem as construções (Mateus e Bragança, 2004).

De seguida, apresenta-se uma breve descrição dos principais métodos que estão em vigor atualmente no universo da construção.

2.6.1. MÉTODOS DE AVALIAÇÃO DA SUSTENTABILIDADE EXISTENTES A NÍVEL GLOBAL

2.6.1.1. Método BREEAM

O *Building Research Establishment Environmental Assessment Method* (BREEAM) é um sistema de certificação britânico desenvolvido pelo *Building Research Establishment* (BRE) e foi lançado em 1992 em Inglaterra.

BREEAM é um método de avaliação ambiental criado pela instituição inglesa BRE (Fig. 1) e constitui-se como um dos métodos mais conhecidos no Reino Unido, mas também em todo o mundo. Atualmente, é mesmo o método mais utilizado a nível global tendo emitido até à data cerca de 559.667 certificados, 2.262.034 edifícios registados, estando presente em 78 países (BREEAM, 2017).

O BRE é um centro de ciência de construção multidisciplinar líder no mundo, com a missão de melhorar o ambiente construído através da pesquisa e geração de conhecimento. Dada a utilização crescente pelo mundo fora foram sendo criadas diversas versões do método adaptadas a cada país, como por exemplo, na Noruega, Suécia, Holanda, Alemanha e Brasil (BRE, 2017).

No Brasil, a título de exemplo, o método tem a designação de BESKOPE tem como base o original mas apresenta-se de forma personalizada e encontra-se adaptado às normas e regulamentos vigentes nesta área geográfica.

Caracteriza-se por ser um método com uma larga abrangência desenvolvido para projetos a nível internacional podendo ser utilizado na indústria, construção residencial, edifícios comerciais, etc (Inovatech, 2017).

As avaliações BREEAM são fornecidas por organizações independentes, licenciadas pela BREEAM, recorrendo a especialistas reconhecidos e acreditados para avaliar da melhor maneira possível as fases do ciclo de vida de um edifício.

A metodologia BREEAM baseia-se nas seguintes categorias:

- Energia e emissões de CO₂;
- Saúde e bem-estar;
- Inovação;
- Utilização do solo;
- Materiais;
- Ecologia e processos de gestão;
- Poluição;
- Transporte;
- Desperdício;
- Gestão da água.

O BREEAM é aplicado por profissionais independentes com certificado da BRE. Estes são auxiliados por guias onde se apresentam todos os critérios a analisar, formas de medição e procedimentos para avaliar os diversos parâmetros (Pinheiro, 2006).



Fig. 1 – Simbologia da Certificação BREEAM
(BREEAM, 2017)

A classificação BREEAM e o nível de desempenho são calculados através do número total de créditos que resultam da avaliação BREEAM, durante todo o projeto e construção, desde o desenvolvimento do conceito até a fase de conclusão.

O BREEAM possui uma vasta área de aplicabilidade, ou seja, pode ser utilizado em construção nova (BREEAM *New Construction*), reabilitação (BREEAM *Refurbishment*) e apresenta uma vertente específica para edifícios de habitação (BREEAM *Code for Sustainable Homes/Ecohome*). Ao nível da gestão das fases de utilização, existe também o BREEAM *In Use* e na área de avaliação de planos de urbanização, pormenor e projetos de loteamento apresenta a metodologia BREEAM *Communities*. (BREEAM, 2017)

Generalizando, este método aborda questões ambientais e de sustentabilidade abrangentes e permite a quem recorre a esta metodologia a possibilidade de certificar as suas construções com a marca BREEAM.

As suas principais vantagens são (BRE, 2017):

- Utilização de um sistema de pontuação simples, transparente e fácil de entender;
- Apresenta uma influência positiva ao nível do *design*, construção e gestão de edifícios;
- Estabelece e mantém um padrão técnico robusto com garantia de qualidade.

O BREEAM define o padrão de melhores práticas de *design* sustentável e tornou-se essencialmente uma medida que descreve o desempenho ambiental de um edifício. Este método fornece aos seus clientes e a todos os utilizadores (BRE, 2017):

- Reconhecimento de mercado para edifícios de impacto ambiental reduzido;
- Garantia de que foi implementada no edifício a melhor prática ambiental;
- Inspiração para encontrar as soluções mais inovadoras para minimizar o impacto ambiental;
- Um parâmetro de referência qualificado;
- Uma ferramenta que auxilia a redução de custos de funcionamento melhorando o ambiente e a qualidade de vida;
- Uma medida que demonstra progresso em direção aos objetivos ambientais corporativos e organizacionais.

As classificações BREEAM (Fig. 2) são atribuídas recorrendo ao uso de estrelas que podem ir desde uma até seis apresentando as seguintes designações:

- Aceitável – 1 estrela;
- Aprovado – 2 estrelas;
- Bom – 3 estrelas;
- Muito Bom – 4 estrelas;
- Ótimo – 5 estrelas;
- Excecional – 6 estrelas.



Fig. 2 – Metodologia de atribuição da classificação BREEAM (BREEAM, 2017)

2.6.1.2. Método VERDE

O método VERDE foi criado pela comissão técnica espanhola *Green Building Council Espanã* (GBCe) com o objetivo de avaliar e certificar os edifícios a nível ambiental (Fig. 3). Esta metodologia foi criada com vista a melhorar a qualidade do setor dos edifícios e baseia-se num método de atuação em concordância com o Código Técnico da Construção espanhola e as normas e diretivas implementadas pela UE. A área técnica do GBCe encarrega-se de manter e evoluir as ferramentas de avaliação e certificação VERDE (GBCe, 2017).



Fig. 3 – Simbologia do *Green Building Council espanã* (GBCe, 2017)

A GBCe é uma associação autónoma sem fins lucrativos afiliada à *WorldGBC*, organização que tem mais de 100 países membros e que constitui a rede de colaboração com maior influência a nível mundial no mercado dos edifícios sustentáveis.

De modo a cumprir as suas metas ao nível da sustentabilidade, a GBCe é uma associação transversal que reúne representantes de todas as áreas da construção, profissionais, empresas e entidades com o objetivo de se tornarem líderes ao nível da sustentabilidade em Espanha, participando ativamente e democraticamente como associados da GBCe (GBCespañola, 2016).

Para obter a acreditação EA VERDE como “Avaliador acreditado do grau de sustentabilidade de edifícios” emitido pela GBCe é necessário obter aprovação com êxito a um processo de acreditação de avaliadores pré- estabelecido, assim como proceder ao pagamento dos custos de acreditação e direitos de utilização na condição de avaliador acreditado EA VERDE.

As metodologias VERDE existentes no mercado são (GBCe, 2017):

- VERDE NE RESIDENCIAL: destina-se a edifícios residenciais e avalia as reduções de impactes ao longo do ciclo de vida de edifícios residenciais;
- VERDE NE Oficinas: desenvolve-se a partir da versão anterior e estabelece a base para as ferramentas de equipamento que abarcam mais tipologias;
- VERDE HADES: destina-se a construção residencial nova e permite uma avaliação rápida do edifício, expondo medidas a adotar para melhorar a sustentabilidade do mesmo;
- VERDE NE Equipamento: ajuda a projetar edifícios residenciais novos e permite, além da certificação, uma avaliação rápida do edifício, expondo também medidas a implementar para melhorar a sustentabilidade;
- VERDE NE Unifamiliar: versão específica para moradias unifamiliares;
- VERDE RH Residencial: surge com o intuito de avaliar intervenções de reabilitação em vivendas e é acessível a usuários com poucos conhecimentos de sustentabilidade;
- VERDE RH Equipamento: avalia uma vasta gama de tipologias construtivas que foram submetidas a processos de reabilitação.

Com o intuito de inovar e fazer crescer as vantagens desta metodologia de avaliação da sustentabilidade dos edifícios em Espanha, em 2016, foram estabelecidas duas novas versões:

- VERDE® *Interiores*: destinada a espaços comerciais ou equipamentos que não intervêm na envolvente;
- VERDE® *Polígonos Industriales*: a primeira versão de uma ferramenta à escala urbana.

Os fundamentos da metodologia VERDE® assentam em bases de bio-arquitetura e da construção do edifício relativamente à componente ambiental, a compatibilidade com a envolvente e uma preocupação com o conforto e qualidade de vida dos utilizadores.

A comissão técnica do GBCe elaborou diversas regras e baseia-se em determinados parâmetros próprios que estão envolvidos no processo de avaliação do edifício em estudo e avaliam se este tem as condições necessárias para obter a certificação GBCe - VERDE®. Assim sendo, os critérios de avaliação são escolhidos e atualizados criteriosamente estando agrupados nas seguintes áreas (Isover, 2017):

- Escolha do local;
- Planeamento e projeto;
- Ambiente interior;
- Energia e poluição;
- Qualidade do serviço;

- Componente social e económica;
- Fontes de energia renováveis e recursos naturais.

2.6.1.3. Método LEED

O *Leadership in Energy and Environmental Design* (LEED®) é um método de avaliação criado pelo *United States Green Building Council* (USGBC) que contribui para a mudança da nossa forma de pensar os edifícios, de os construir, de os manter e de os operar (USGBC, 2017).

Designado em português por método Liderança em Energia e Design Ambiental, é um dos mais utilizados em todo o mundo, sendo mesmo o mais usado por terceiros que querem recorrer à certificação de edifícios verdes. Criado nos anos 90, nos E.U.A, é nos dias de hoje usado para potenciar o desenvolvimento de construções sustentáveis e que tenham a capacidade de proporcionar condições de elevada eficiência.

O LEED® (Fig. 4) funciona para todo o tipo de edifícios, desde o setor terciário ao residencial e aplica-se em todas as fases de desenvolvimento da construção. Os projetos que procuram a certificação LEED® ganham pontos em diversas áreas que abordam as questões de sustentabilidade (Isover, 2017).

Assim, os projetos com certificação LEED® são classificados tendo em conta uma série de critérios padrão e apresentam como principais áreas de abrangência a:

- Localização sustentável;
- Protecção e eficiência da água;
- Eficiência energética e energias renováveis;
- Conservação de materiais e de recursos naturais;
- Qualidade do ambiente interior.



Fig. 4 – Simbologia da Certificação LEED (USGBC, 2017)

Apresentado como um método de carácter voluntário, este providencia uma avaliação independente do desempenho ambiental dos edifícios, tendo em conta as diversas funções e tipologias, procurando abranger todo o processo desde as fases de conceção, construção e operação das construções. O LEED destaca-se pela sua flexibilidade e capacidade de adaptação a todo o tipo de projetos.

O LEED está presente em 135 países por todo o mundo e apresenta um elevado nível de aceitação no mercado internacional, constituindo uma vantagem para os agentes da construção na medida em que relaciona a qualidade das habitações com as responsabilidades ambientais das construções.

A certificação ambiental LEED apresenta diversas vantagens e benefícios ao nível da sustentabilidade nas áreas económicas e sociais, tais como:

- Custos de operação reduzidos;
- Redução de resíduos enviados para aterro;
- Conservação de energia e água;
- Saúde e segurança para os utilizadores;
- Redução de GEE;
- Qualificação para benefícios fiscais e licenças de urbanização.

Atualmente, existe o LEED v4, a versão mais recente, inovadora e atualizada deste método.

Caracteriza-se por ser mais ousada e especializada para projetos de construção em todo o mundo. O LEED v4 foi projetado para ser mais flexível e centra-se na melhoria de qualidade do utilizador, apresentando como principais diferenças relativamente às versões anteriores (USGBC, 2017):

- Materiais: concentra-se mais em materiais de modo a obter mais-valias dos mesmos, focando-se nos efeitos que podem acarretar para a saúde humana e para o meio ambiente;
- Desempenho: apresenta uma abordagem baseada no desempenho para a qualidade ambiental interior de modo a garantir o melhor conforto possível do ocupante;
- Smart grid: conceito relacionado com o equilíbrio e sustentabilidade da habitação; Engloba a implementação de equipamentos sustentáveis ao nível de todas as divisões e envolvente do edifício, abrangendo componentes como sistemas de aquecimento, sistemas AVAC, sistemas de iluminação, envolvente, etc;
- Eficiência da água: valoriza de forma mais clara a eficiência da água, avaliando de um modo geral a utilização de água nos edifícios.

A metodologia LEED foi desenvolvida, de um modo geral, para abordar uma vasta tipologia de edifícios em todas as localizações possíveis, independentemente da fase do ciclo de vida em que se encontram. Desde hospitais, espaços comerciais, hotéis ou mesmo edifícios históricos e englobando ainda aqueles que se encontram em fase de projeto, existe uma tipologia LEED para cada caso concreto (USGBC, 2017):

- Construção e Arquitetura do edifício: aplica-se a edifícios recém-construídos ou em fase de grande reabilitação e inclui, por exemplo, construção nova, escolas, centros de dados, armazéns, centros de distribuição, etc;
- Ambiente Interior e Construção: aplica-se a projetos idealizados, essencialmente, ao nível de espaços interiores, tais como espaços destinados à hotelaria e ao comércio;
- Operações de construção e manutenção: aplicam-se a edifícios existentes que estão a ser alvo de melhorias com construção reduzida ou nula; inclui edifícios existentes, escolas, hospitais, armazéns, etc;
- Desenvolvimento de áreas residenciais ou não residenciais: aplica-se a novos projetos de desenvolvimento contendo uso residencial, uso não residencial ou ambos; Os projetos podem estar em qualquer fase do seu processo de desenvolvimento, desde o planeamento até à construção.

O LEED-NC – Sistema para avaliar a construção comercial – é uma das tipologias deste método que tem vindo a incentivar construtores a adotar práticas de construção ecológica, como por exemplo, o aumento da eficiência energética e a melhoria da qualidade do ar no interior dos edifícios.

O LEED-NC apresenta um efeito positivo no desenvolvimento de tendências de melhoria ao nível da sustentabilidade na revitalização de áreas urbanas, contribuindo para a diminuição do consumo de recursos, diminuição do fluxo rodoviário, melhoria da qualidade do ar, diminuição da poluição no escoamento de águas pluviais e construção de comunidades onde pessoas de diferentes classes sociais

possam coexistir naturalmente e onde os postos de trabalho e serviços comuns sejam acessíveis a pé ou de transportes (Council, 2009).

Relativamente à aplicação desta certificação, pretende-se que seja prática e perceptível sendo atribuída em função do número de pontos alcançados, aplicando esta metodologia. Para receber a certificação LEED, no total a pontuação calculada tem de ser igual ou superior a 26 pontos.

Assim, o projeto pode receber um dos quatro níveis de classificação apresentados de seguida, do menor para o maior grau de relevo, respetivamente (USGBC, 2017):

- *Certified*;
- *Silver* (Prata);
- *Gold* (Ouro);
- *Platinum* (Platina).

2.6.1.4. Método CASBEE

O método CASBEE designa-se por *Comprehensive Assessment System for Building Environmental Efficiency*. Trata-se de um método japonês criado por um comité de pesquisa e nasceu em 2001 com a colaboração da academia e com o apoio do governo japonês e da indústria para avaliar o desempenho ambiental dos edifícios e do ambiente construído no país.

O método foi desenvolvido, posteriormente, pela JSBC (*Japan Sustainable Building Consortium*) com o apoio de vários ministros, nomeadamente, o Ministro da Terra, Infra-estruturas e Turismo.

O CASBEE (Fig. 5) foi idealizado para melhorar a qualidade de vida das pessoas tanto para reduzir o uso de recursos do ciclo de vida como para atenuar os impactes ambientais associados ao ambiente construído, desde a habitação unifamiliar até cidades inteiras. Com a necessidade de evolução e adaptação desenvolveram-se por todo o Japão vários esquemas de CASBEE apoiados pelos governos locais com a aceitação ao nível nacional (Worldgbc, 2017).

Esta metodologia foi desenvolvida tendo como base as seguintes políticas:

- O sistema deve ser estruturado para conceder altas avaliações aos edifícios superiores, aumentando os incentivos para *designers* e outros;
- O sistema de avaliação deve ser o mais simples possível;
- O sistema deve ser aplicável a todo o tipo de edifícios e abranger as diferentes tipologias;
- O sistema deve ter em consideração questões e problemas existentes no Japão e na Ásia.

Este método foi desenvolvido ao longo do tempo e foram sendo criadas diversas versões, cada uma delas com um campo de ação bem definido (IBEC, 2017):

- CASBEE para moradias isoladas: aplicado para construção nova e existente;
- CASBEE para construção temporária;
- CASBEE para governos locais: versão para ser usada por governos locais do Japão, tais como o CASBEE – Nagoya, CASBEE – Osaka e CASBEE – Yokohama; O CASBEE é usado pelos governos locais japoneses, cada um deles adaptado à área onde é aplicado, considerando condicionantes específicas a condições como o clima e as questões políticas locais; As alterações são feitas, geralmente, modificando os coeficientes de ponderação; O relatório do resultado da avaliação para o governo local é obrigatório, tal como o Plano de Poupança e Energia e o pedido de aprovação do edifício.

- CASBEE para o efeito ilha de calor: o efeito ilha de calor está a tornar-se uma questão crítica nas principais áreas urbanas, como Tóquio e Osaka; Este método foi desenvolvido para avaliar esforços em edifícios de modo a analisar o efeito de ilha de calor tendo como objetivo efetuar uma avaliação mais detalhada e quantitativa;
- CASBEE para o desenvolvimento urbano: foi desenvolvido para realizar avaliações mais amplas, abrangendo todas as componentes que intervêm na área urbana;
- CASBEE para cidades: trata-se de um sistema de avaliação completa do desempenho ambiental das cidades, utilizando uma abordagem tripla de meio ambiente, sociedade e economia. Pode avaliar objetivamente a eficácia das políticas e medidas ambientais da cidade;
- CASBEE para promoção de mercado: foi promovido com a intenção de ser amplamente utilizado entre os participantes do mercado imobiliário.



Fig. 5 – Simbologia do método CASBEE, (Measurabl, 2017)

Além de todas as anteriores existem ainda as designadas “Versões básicas”, versões resumidas que foram desenvolvidas para atender às crescentes necessidades de ferramentas de modo a alcançar os seguintes objetivos:

- Estabelecer metas de eficiência do ambiente construído na fase inicial do projeto de construção;
- Estabelecer metas de gestão de desempenho ambiental de edifícios existentes;
- Estabelecer um sistema de relatórios para os governos locais.

As versões básicas existentes do método CASBEE são:

- CASBEE para construção nova: as ferramentas básicas do CASBEE são aplicáveis exclusivamente para complexos de apartamentos, não aplicáveis a casas isoladas;
- CASBEE para construção existente;
- CASBEE para renovação;
- CASBEE para o desenvolvimento urbano.

2.6.1.5. Método NABERS

O método *National Australian Built Environment Rating System* (NABERS), (Fig. 6), foi lançado pela entidade *Department of Environment and Heritage* (DEH) na Austrália, em 2005, e atualmente é gerido pelo *Office of Environment and Heritage* (OEH), em representação dos governos regionais e nacionais australianos.



Fig. 6 – Simbologia do método NABERS, (NABERS, 2017)

Constitui-se como um sistema de classificação nacional que mede o desempenho dos edifícios, arrendamentos e habitações australianas. Generalizando, o NABERS mede a eficiência energética, o uso da água, a gestão dos resíduos e a qualidade do ambiente interior de um edifício ou arrendamento e o seu impacto no meio ambiente. Para isso, recorre a informações relacionadas com o desempenho do edifício tais como contas dos serviços públicos de água e energia e converte os valores obtidos numa escala de uma a seis estrelas (Fig. 7), em que uma classificação de seis estrelas representa um desempenho líder no mercado (NSWGovernment, 2017).

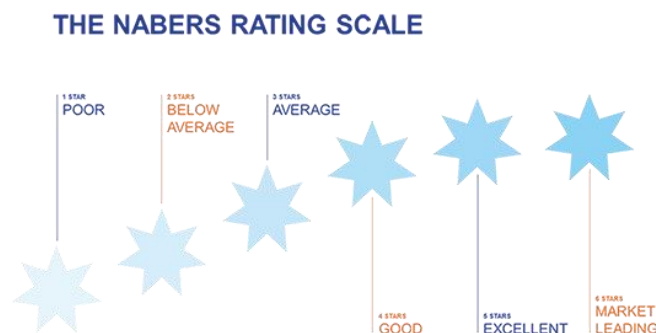


Fig. 7 – Sistema de classificação NABERS, (NABERS, 2017)

O NABERS é internacionalmente único na sua abordagem para medir os impactos ambientais dos edifícios sendo a única ferramenta de avaliação ambiental que fornece um *benchmark* confiável do desempenho ambiental real de um edifício em comparação com outro edifício australiano.

Atualmente, as classificações anuais NABERS são um componente essencial da forma como são geridas as construções no que diz respeito à via comercial. A avaliação por parte deste método é reconhecida por todo o setor imobiliário como um símbolo de liderança de sustentabilidade e boa gestão dos edifícios. Uma classificação NABERS permite que as empresas melhorem a eficiência operacional e a produtividade, demonstrando o compromisso de proteger e conservar o seu ambiente além de otimizar os seus resultados financeiros, sociais e ambientais.

O NABERS fornece quatro ferramentas de classificação ambiental (NABERS, 2017):

- NABERS *Energy*;
- NABERS *Water*;
- NABERS *Waste*;
- NABERS *Indoor Environment*.

Em suma, este método de certificação ambiental australiano potencia os seguintes benefícios (NABERS, 2017):

- Vantagens económicas ao nível da redução dos custos operacionais;
- Valorização do edifício;
- Reconhecimento de mercado;
- Criação de melhores ambientes de trabalho e de vivência;
- Promoção do cumprimento das expectativas dos utilizadores;
- Avaliação com prestígio reconhecido;
- Auxílio na identificação de oportunidades de poupança a longo prazo.

2.6.1.6. Método HQE *Bâtiment Durable*

O *Haute Qualité Environnementale (HQE)* é uma associação francesa criada em 1996 com o objetivo de promover o desenvolvimento ambiental dos edifícios, reduzindo os impactos ambientais através de ambientes interiores que proporcionem segurança, conforto e bem-estar aos utilizadores.

Com vista a avaliar a sustentabilidade e a qualidade ambiental dos edifícios novos e existentes, foi criada uma metodologia designada por *HQE Bâtiment Durable* (Fig. 8) ou *HQE Green Building* que visa promover o desempenho da construção estabelecendo certificados em função dos indicadores de sustentabilidade dos edifícios. Esta é uma certificação global que integra diversas áreas do desenvolvimento sustentável (Certivea, 2017):

- Ambiental;
- Social;
- Económica;
- Digital;
- Gestão de projeto.

A certificação *HQE Bâtiment Durable* é aberta a qualquer entidade que adjudique edifícios não residenciais, públicos ou privados e abrange os diferentes ciclos de vida de uma construção ou reabilitação. Este método aplica-se a edifícios de escritórios, educação, comércio, hotéis mas também a edifícios de uso terciário, comércio e serviços. Apenas se excluem instalações relacionadas com cuidados de saúde e locais onde se pratique qualquer atividade desportiva.



Fig. 8 – Simbologia do método HQE *Bâtiment Durable*, (Certivea, 2017)

Integrando atualmente 28 temas, tais como as alterações climáticas, a biodiversidade, os serviços e a atratividade do local, a sua abordagem é baseada num desempenho que permite uma avaliação da sustentabilidade dos edifícios tendo em consideração o ideal de qualidade de vida dos ocupantes: conforto, segurança, saúde, condições de acessibilidade, serviços, entre outros.

Para obter a certificação *HQE Bâtiment Durable* é necessário provar que estão implementados os requisitos e normas estipuladas tendo em conta o quadro criado pela HQE – *France GBC Association*. Assim sendo, este método baseia-se em quatro compromissos fundamentais (Certivea, 2017):

- Qualidade de vida: tem crescido para atender às novas necessidades das partes intervenientes no processo, tais como empresas, passageiros ou utilizadores dos edifícios; Os parâmetros essenciais neste ramo são a qualidade da água, qualidade do ar, condições de acessibilidade, conforto acústico, entre outros;
- Respeito pelo meio ambiente: este compromisso representa uma boa ação para o planeta a nível local e territorial; O objetivo principal consiste no uso responsável dos recursos, reduzindo o impacto da construção sobre o meio ambiente e o respeito pelas zonas verdes

existentes nos arredores do edifício; Os parâmetros essenciais neste ramo são a energia, água, resíduos, biodiversidade, entre outros;

- Desempenho económico: área com elevada preocupação que tem sido desenvolvida nas normas impostas pela HQE *Bâtiment Durable*, permitindo que as partes interessadas possam investir, ocupar ou financiar um edifício eficiente de forma mais responsável, contribuindo para o crescimento verde; Os parâmetros essenciais neste ramo são os custos, despesas e o desenvolvimento económico territorial;
- Sistema de gestão responsável: criado como uma ferramenta para analisar a gestão de projetos, permite que os intervenientes do edifício possam fazer as perguntas certas para garantir o bom andamento do projeto, controlar os riscos e obter os resultados esperados dentro dos prazos previstos; Os parâmetros essenciais neste ramo são o ambiente, recursos e meios, planeamento, melhoria, entre outros.

2.6.2. MÉTODOS DE AVALIAÇÃO DA SUSTENTABILIDADE EXISTENTES A NÍVEL NACIONAL

2.6.2.1. Método LiderA

O método Liderar pelo Ambiente (LiderA), (Fig. 9), criado em 2005, consiste num sistema voluntário português que permite a avaliação da sustentabilidade na construção através de princípios associados à sociedade, economia e ambiente tendo como principal objetivo certificar os ambientes construídos sustentáveis (LiderA, 2017a).



Fig. 9 – Simbologia do método LiderA, (LiderA, 2017a)

A metodologia LiderA inspira-se no sistema LEED abordado em 2.6.1.3. e foi desenvolvida por Manuel Duarte Pinheiro, Doutorado em Engenharia do Ambiente, docente de Engenharia Civil e Arquitetura no Instituto Superior Técnico (IST) e fundador da associação Inovação e Projetos em Ambiente (IPA).

Este sistema surgiu aquando dos resultados de uma investigação e análise de projetos relacionados com a sustentabilidade da construção nova e existente, realizados inicialmente no ano de 2003 e que em 2005, deram origem à primeira versão deste sistema e, mais tarde, em 2007, à atribuição das primeiras certificações LiderA.

O sistema LiderA assenta essencialmente na componente estratégica, projeto e gestão do ciclo de vida do edifício, sendo essencial acompanhar as diferentes fases do desenvolvimento da obra.

Os principais objetivos deste sistema de avaliação da sustentabilidade são:

- Auxiliar o desenvolvimento de planos e projetos que visem a sustentabilidade na construção;
- Analisar e avaliar o posicionamento do desempenho nas fases de conceção, execução em obra e período de utilização do edifício;
- Apoiar na gestão das diversas fases, tais como, fase de construção e de utilização;
- Atribuir uma classificação portuguesa com marca registada, realizada através de uma avaliação independente;

- Ser um instrumento de mercado distinto e útil para os construtores e para os utilizadores.

A versão mais recente do método destina-se não só a edifícios mas também a espaços exteriores, zonas amplas do tecido urbano, tais como quarteirões ou bairros. Os princípios nos quais esta metodologia se baseia para atribuir a sua certificação são:

- Valorização da dinâmica local e promoção adequada da integração;
- Privilegiar o uso eficiente de recursos;
- Redução do impacto das cargas, tais como emissões atmosféricas ou produção de ruído;
- Assegurar o conforto do ambiente;
- Proporcionar melhores vivências socioeconómicas ao nível da sustentabilidade;
- Utilização sustentável dos ambientes construídos, recorrendo a uma boa gestão ambiental.

Estes seis princípios fundamentais (Fig. 10) subdividem-se em vinte e duas áreas de análise que se apresentam de seguida (LiderA, 2017b):



Fig. 10 – Áreas de análise do método LiderA, (LiderA, 2017b)

O método de avaliação LiderA é uma marca registada nacional que constitui um sistema de avaliação da construção baseado em diferentes níveis de desempenho ambiental na sua vertente mais sustentável que se baseia em diferentes valores de desempenho (A a E).

O sistema de classificação (Fig. 11) classifica como tendo um bom nível de sustentabilidade os edifícios e ambientes construídos que possuam as classes C, B, A, A+, A++ (representados a verde), sendo esta última a melhor classificação possível. Por outro lado, esta escala é bastante alargada, o que permite distinguir de forma mais específica cada edifício alvo de certificação atribuindo certificados de A até G, sendo este último atribuído aos edifícios menos eficientes.



Fig. 11 – Sistema de classificação LiderA, (LiderA_Destinations, 2017)

2.6.2.2. Método SBTool^{PT}

O *Sustainable Building Tool* (SBTool) é um sistema internacional que permite a avaliação e certificação do desempenho de edifícios e projetos relacionados com a sustentabilidade. Através desta metodologia é possível classificar o desempenho de um edifício relacionando as práticas adotadas e as soluções implementadas no projeto.

O SBTool^{PT} (Fig. 12) consiste na adaptação deste sistema internacional ao panorama nacional, sendo o resultado de um projeto de investigação e desenvolvimento centrado nos setores do turismo, serviços e planeamento urbano. O sistema foi adaptado à realidade portuguesa pela Associação iiSBE Portugal (Iniciativa internacional para a sustentabilidade do ambiente construído) em colaboração com a empresa especializada em construção sustentável ECOCHOICE e o Laboratório de Física e Tecnologias da Construção da Universidade do Minho. (ECOCHOICE, 2017)



Fig. 12 – Simbologia do método SBTool^{PT}, (ECOCHOICE, 2017)

A metodologia consiste em avaliar um conjunto de indicadores de sustentabilidade agregados por categorias e dispostos segundo as três dimensões do desenvolvimento sustentável: ambiente, sociedade e economia.

Estas dimensões estão dispostas por 9 categorias que se apresentam de seguida (Mota et al., 2012):

- Dimensão ambiental:
 - Alterações climáticas e qualidade do ar exterior;
 - Uso do solo e biodiversidade;
 - Energia;
 - Materiais e resíduos sólidos;
 - Água.

- Dimensão social:
 - Conforto e saúde dos utilizadores;
 - Acessibilidades;
 - Sensibilização e educação para a sustentabilidade.
- Dimensão económica:
 - Custos do ciclo de vida do edifício.

Por outro lado, os objetivos principais desta metodologia de avaliação são (Fernandes, 2014):

- Desenvolver um sistema regional de avaliação da sustentabilidade dos edifícios baseado na metodologia SBTool;
- Analisar e compreender as três dimensões do desenvolvimento sustentável;
- Criar uma lista de parâmetros e indicadores de avaliação que aglomerem os impactes mais importantes dos edifícios tendo em conta uma avaliação simples e prática;
- Utilizando a metodologia de avaliação do ciclo de vida, proporcionar resultados fidedignos aos empresários e aos utilizadores;
- Clarificar a informação aos vários intervenientes no mercado da construção em relação a todas as características, objetivos e certificações do sistema SBTool.

A avaliação SBTool^{PT} é um sistema voluntário, de avaliação e reconhecimento da sustentabilidade incidindo na avaliação de edifícios existentes, construção nova e processos de reabilitação. O processo de análise desta metodologia portuguesa adaptada consiste na verificação dos desempenhos de construção e a comparação com valores de referência para as práticas correntes. Em suma, este método avalia a sustentabilidade do edifício desde a sua implantação, passando pela fase de utilização e culminando no final do seu ciclo de vida.

3

CONSTRUÇÃO PRÉ-FABRICADA EM PORTUGAL

3.1. CONSIDERAÇÕES GERAIS

A indústria da construção evoluiu através de diversas vertentes, cada uma delas caracterizada não só por métodos construtivos que estão em constante progressão e inovação mas também pela implementação de novas tecnologias.

Com o fenómeno evolutivo, as atividades exercidas pelos trabalhadores com o auxílio de maquinaria têm a tendência a diminuir e a serem substituídas por mecanismos, sejam eles aparelhos mecânicos ou eletrónicos, generalizando, processos automatizados.

Hoje em dia, assiste-se a uma acentuada melhoria na organização das obras nos seus diferentes setores de atividade. A necessidade de otimização de processos, redução de custos e o cumprimento de prazos são fatores cada vez mais importantes, sendo necessário adotar processos de gestão cada vez mais elaborados, bem como implementar sistemas construtivos que contribuam para o sucesso dos mesmos. Aqui se inclui a construção recorrendo a processos de pré-fabricação (Serra, Ferreira e Pigozzo, 2005).

A Construção Pré-fabricada é um método construtivo com imenso potencial no mercado da construção devido às suas características particulares e que, em Portugal, à semelhança da maioria dos outros países tem evoluído de forma significativa e encontra-se em fase de expansão. Pretende-se que seja um método transversal a todo o processo de desenvolvimento de um projeto, desde a fase preliminar até à fase de construção.

3.2. O PAPEL DO DIRETOR DE OBRA NA PRÉ-FABRICAÇÃO

O Diretor de Obra (DO) é a pessoa com mais responsabilidade num estaleiro de obra, tem diversas funções e coordena todos os campos e frentes de obra. É da responsabilidade do DO articular da melhor forma possível todos os intervenientes em cada fase de construção, de modo a que esta possa ter o maior rendimento possível nas melhores condições de higiene e segurança, cumprindo os prazos e os custos estabelecidos inicialmente.

Segundo a Lei 31/2009, art.º 3 alínea g), entende-se que o DO é “o técnico habilitado a quem incumbe assegurar a execução da obra, cumprindo o projeto de execução e, quando aplicável, as condições da licença ou comunicação prévia, bem como o cumprimento das normas legais e regulamentares em vigor”.

Recorrendo a outra fonte, “uma entidade singular ou colectiva, é DO por força da ação que esta definição atribui a este título. Há dois elementos a considerar, se é encarregado da conceção e/ou do controlo da execução da obra e, em caso afirmativo, se estão a agir nesse sentido por conta do Dono de Obra” (Europeia, 2011).

O DO é o responsável máximo pela gestão e controlo de materiais, equipamentos, mão-de-obra, processos construtivos e subempreitadas. Sendo estas as funções principais que habitualmente concernem a um DO, não podemos esquecer as temáticas relacionadas com qualidade, segurança, planeamento e ambiente, assuntos a que é atribuída cada vez mais importância e onde a legislação se encontra em constante progressão.

Exerce uma atividade de enorme complexidade e responsabilidade, uma vez que é a pessoa que tem de coordenar toda a atividade da obra, sendo o principal responsável por todas as decisões tomadas. Em obras de grandes dimensões, devido à vasta complexidade de processos, estão presentes outras entidades com responsabilidades em diversas áreas, como por exemplo, Coordenador de Segurança em Obra (CSO), engenheiros de qualidade, Técnico Superior de Segurança no Trabalho (TSST), engenheiros de fiscalização e outros técnicos de diversos ramos, cada um deles com responsabilidade na área correspondente à sua função.

É relevante referir que o papel do DO, quer numa obra realizada usando a metodologia tradicional, quer numa obra realizada recorrendo a sistemas de pré-fabricação, a sua ação é igualmente importante, apesar da atividade de fabricação em estaleiro ser consideravelmente inferior.

No caso de uma obra de pré-fabricação, o DO acarreta todas as responsabilidades referidas até aqui mas fundamentalmente terá um papel mais ativo na área de controlo, seja em termos de custos, execução ou prazos. Considera-se de especial importância para o DO começar este controlo na própria fábrica de modo a analisar de que forma é feita a fabricação dos diversos componentes, verificando a sua concordância com o projeto. Surge também a necessidade de verificar as condições de transporte que, em determinados casos, necessita do tratamento de diversas questões logísticas devido ao facto de ser necessário recorrer a veículos de transporte especial, tendo em conta a elevada dimensão e peso das peças.

A necessidade de verificar que o sistema de transporte é planeado ao detalhe bem como as condições de transporte da carga tornam-se questões muito importantes em obras que recorrem à pré-fabricação. A receção de todos os materiais deve ser controlada de forma exímia e é necessário estudar previamente como serão realizadas todas as ligações, estudando os detalhes dos pormenores construtivos.

3.3. PRÉ-FABRICAÇÃO VS CONSTRUÇÃO TRADICIONAL

3.3.1. INTRODUÇÃO

Segundo o Dicionário da Língua Portuguesa (2017), um pré-fabricado é aquele “que é fabricado antecipadamente, em componentes standardizados separados, para ser montado no lugar onde vai ficar instalado (ex: casa pré-fabricada; módulo pré-fabricado); “que foi preparado com antecedência” ou “construção fabricada antecipadamente com componentes standardizados separados e montada no lugar onde vai ficar instalada”.

Recorrendo à definição que consta no dicionário da Língua Portuguesa, Pré-fabricação designa-se pelo “sistema de construção de um conjunto (casa, navio, etc.) com elementos standardizados, fabricados antecipadamente e reunidos segundo um plano preestabelecido”. (da Língua Portuguesa, 2017)

Por outro lado, tendo em conta um autor com uma vasta experiência na área da Engenharia Civil, Pré-fabricação designa-se pelo “conjunto de técnicas de construção que se baseiam na produção de elementos de construção fora dos seus locais de implantação definitivos, no estaleiro da obra ou fora dele, os quais são posteriormente ligados e montados em obra” (Faria, 2016).

O termo “Construção Tradicional” não apresenta nenhuma definição que conste no dicionário. Trata-se de um conceito que abrange a construção típica em Portugal referente aos métodos de construção mais convencionais onde a maior parte da construção é realizada no estaleiro de obra. Complementando este conceito, segundo o Dicionário de Engenharia Civil, designa-se por Estaleiro “o local onde se armazenam máquinas, ferramentas e materiais, onde se fazem trabalhos preparatórios, onde se encontram serviços de pessoal e de apoio à obra (Simões, 1993).

Os dois métodos de construção apresentados são um alvo permanente de discussões no mundo da Engenharia Civil e assim se prevê que continue uma vez que há defensores de ambas as partes. A principal diferença entre estas técnicas construtivas ocorre no encadeamento e desenvolvimento das fases construtivas. Na construção pré-fabricada o processo decorre, basicamente, segundo as seguintes fases principais (Saraiva, 2012):

- Divisão da estrutura, dos diversos sistemas e elementos de menor dimensão;
- Fabrico dos elementos em fábrica e não no estaleiro de obra;
- Transporte de todos os componentes para o local da obra;
- Ligação entre os diversos componentes, em obra, de modo a garantir a funcionalidade e conforto do espaço;
- Cumprir a regulamentação proposta e garantir a segurança estrutural do edifício.

3.3.2. PRINCIPAIS DIFERENÇAS ENTRE A PRÉ-FABRICAÇÃO E A CONSTRUÇÃO TRADICIONAL

As diferenças entre a Pré-fabricação e o método de Construção Tradicional são bem mais do que aquelas que possamos imaginar. Deste modo, iremos agora centrar-nos apenas naquelas que se consideram ter uma importância fulcral e mais à frente serão abordadas de forma exaustiva as principais características do método de construção pré-fabricada, referindo as suas vantagens e as principais dificuldades à sua implementação no mercado da construção.

A Pré-fabricação pode ser utilizada em todo o tipo de obras tal como o método de Construção Tradicional, sejam elas pontes, viadutos, edifícios, etc. Existe ainda um estigma de que a Pré-fabricação constitui apenas, segundo diversos técnicos do mundo da construção, uma variante técnica da Construção Tradicional, referindo que a única diferença entre os dois métodos reside no facto de num os elementos construtivos serem realizados em fábrica e no outro serem produzidos no estaleiro de obra. Este pensamento vai sendo “ultrapassado” e evoluindo junto da nossa sociedade e as pessoas começam a entender que este pensamento é completamente desajustado. Só é possível retirar vantagens significativas e competitivas do método de construção pré-fabricada se todo o projeto for idealizado e concebido desde o primeiro momento com essa finalidade (Acker, 2002).

Assim sendo, umas das principais diferenças entre os dois sistemas de construção reside no faseamento construtivo, ou seja, enquanto na pré-fabricação as componentes chegam à obra prontas a serem aplicadas ou ligadas entre si, constituindo assim o edifício final, no método tradicional a grande maioria dos componentes são fabricadas *in situ* no estaleiro de obra. É importante referir que, para

uma boa e correta gestão do estaleiro, este deve encontrar-se afastado da parte evolutiva da obra, criando áreas de armazenamento temporárias entre o local onde são produzidas as diversas componentes e o seu destino final.

O estaleiro apresenta dimensões normalmente bem mais reduzidas nos casos em que as obras são realizadas recorrendo ao sistema de Construção Pré-fabricada, uma vez que grande parte dos componentes são produzidos em contexto de fábrica e chegam à obra prontos a seguir para o seu destino final. Deste modo, não há necessidade do uso de estaleiro neste processo o que se torna vantajoso em termos de custos de manutenção do espaço além de ajudar à eficiente gestão do espaço em obra.

A mão-de-obra é outra grande diferença entre as duas técnicas construtivas. Enquanto que no método de construção tradicional existem muitos trabalhadores não especializados e com pouca formação, na pré-fabricação estão presentes técnicos especializados que executam e supervisionam a produção dos diversos elementos e, geralmente, depois montam no local da obra todos os componentes em que estiveram envolvidos, tendo assim uma melhor capacidade de domínio sobre todo o processo construtivo.

A redução dos custos de construção bem como a redução do tempo de construção associado à pré-fabricação é um dos fatores mais diferenciadores entre os métodos, principalmente, na perspetiva do Dono de obra que, geralmente, quer a melhor qualidade pelo menor preço possível. Estes fatores só são possíveis de atingir na pré-fabricação porque se recorrem a processos de fabrico standardizados, o que permite que se obtenham mais benefícios relativamente à quantidade de materiais necessários para a produção (Tam et al., 2007).

A questão da sustentabilidade ambiental é um dos pontos igualmente relevantes. Sendo cada vez maior a preocupação com o bem-estar do planeta, e tendo que respeitar uma série de regulamentos e normas europeias relativas ao ambiente, a pré-fabricação assume um caminho para atingir as metas propostas. Sendo a maioria dos elementos construtivos elaborados em estaleiro, a produção de RCD bem como o consumo de água diminui significativamente, reduzindo assim os enormes desperdícios provenientes da construção tradicional (Tam et al., 2007).

Os dois métodos apresentam sistemas de construção muito distintos sendo que as vantagens de cada um deles ainda hoje são discutíveis. Os benefícios apresentam, quer na perspetiva do construtor quer na perspetiva do utilizador, diferentes níveis de importância, sendo assim extremamente necessário encontrar um equilíbrio para que ambas as partes fiquem satisfeitas no final.

3.4. SISTEMA DE PRÉ-FABRICAÇÃO

O conceito de Pré-fabricação refere-se a um sistema de construção completo que começa com a fase de planeamento, detalhe de todos os processos, operações a realizar em fábrica e a descrição da metodologia construtiva de forma detalhada e cronológica a adotar em obra.

Assim, um sistema de Pré-fabricação de um edifício deve integrar todas as operações que ocorrem quer em fábrica, quer no local da obra. Considera-se que estamos perante um sistema de Pré-fabricação quando o índice de pré-fabricação numa dada obra é bastante elevado, sendo apenas necessário realizar alguns trabalhos no local da obra (Faria, 2016).

Ao conjunto de materiais, componentes e processos construtivos concebidos, e na generalidade dos casos aplicados pelos próprios fabricantes criando assim um subsistema construtivo de uma obra com

alto grau de pré-fabricação, dá-se o nome de Sistema de Pré-fabricação total, embora, na prática, o grau de pré-fabricação não atinga os 100% (Faria, 1996).

O sistema de pré-fabricação pode ser considerado aberto ou fechado. No primeiro caso, considera-se que não estão definidas detalhadamente, à priori, as soluções e processos construtivos a adotar nos determinados casos, admitindo uma possível participação por parte dos diversos fabricantes. Em relação ao segundo caso, admite-se que todos os fabricantes estão previamente estipulados definindo de forma exaustiva os processos construtivos a adotar em obra, ou seja, normalmente, não há interferência de outros fabricantes relativamente à escolha dos materiais de construção ou outros componentes. Neste caso, a entidade responsável pela conceção e comercialização do sistema é responsável pela correta aplicação dos componentes em obra e fornece garantias dos mesmos (Faria, 1996).

Por outro lado, a Pré-fabricação pode ser considerada total ou parcial. Como o próprio nome indica, no caso de ser total significa que todos os elementos construtivos são produzidos em fábrica, enquanto que no caso de ser parcial, apenas parte das componentes são produzidas a nível industrial, sendo complementado o restante processo construtivo no estaleiro de obra.

No que diz respeito ao peso ou às dimensões dos elementos construtivos, a pré-fabricação pode dividir-se da seguinte forma (Faria, 2016):

Pré-fabricação leve: Inclui os elementos pré-fabricados de peso reduzido, recorrendo a um reduzido número de operações em obra e, normalmente, a um recurso escasso de operações de ligação recorrendo a argamassas; Esta pode ser considerada total ou parcial;

Exemplos de aplicação:

- Fachadas ventiladas - Sistemas de fixação;
- Caixilharias pré-fabricadas;
- Painéis de cobertura;
- Pavimentos técnicos;
- Estruturas metálicas espaciais;

Pré-fabricação pesada: Inclui os elementos pré-fabricados de peso elevado, produção de elementos construtivos recorrendo à utilização de betão armado e pré-esforçado. Esta pode ser considerada total ou parcial.

Exemplos de aplicação:

- Bancadas de estádios;
- Box-culvert;
- Barreiras *new jersey*;
- Mobiliário urbano;
- Passagens inferiores;
- Painéis de fachada;

Pré-fabricação ligeira: Inclui os elementos pré-fabricados de pequenas dimensões para edifícios de modo a obter relações de preço/qualidade benéficas para o Dono de Obra; Consiste na produção de grandes séries de elementos em fábrica que depois são montados no local da obra recorrendo a técnicas estabelecidas previamente; Estes sistemas devem ser fechados, sendo concebidos por uma única entidade que deve especificar de forma completa todo o sistema, especificando todos os materiais e componentes, soluções de ligação e as possíveis tolerâncias na fase de produção e de montagem, garantindo que todo o processo decorre sem problemas;

Exemplos de aplicação:

- Caixas de estores;
- Lajetas de betão;
- Caleiras de drenagem.

3.5. EVOLUÇÃO DO SETOR DA CONSTRUÇÃO

A competitividade entre as empresas é cada vez maior e surge a necessidade de constante inovação e procura de soluções que otimizem processos, reduzam a quantidade de mão-de-obra e os custos de fabrico. Assim sendo, a necessidade de implementar medidas que promovam o aumento da produtividade é fundamental para o sucesso.

As modificações na área da tecnologia provocaram um forte impacto e contribuíram para o desenvolvimento de diversas áreas da nossa economia. Quer estejam relacionadas com a globalização, o desenvolvimento fulminante das telecomunicações e informática, a rapidez de transporte da informação ou a implementação de processos de gestão de elevada qualidade, estes fatores contribuem para que os processos de produção sejam cada vez mais eficientes e, conseqüentemente, para uma melhoria da qualidade do produto final. Tudo isto contribui de forma significativa para o aumento da competitividade entre as diversas empresas nos mais variados mercados.

Esta evolução acontece também no mercado da construção, mas de forma mais lenta. Uma obra é um processo extremamente complexo que envolve múltiplas variáveis. Por isso, essa evolução do setor não é comparável, por exemplo, à velocidade de progressão que acontece nas áreas da informática e telecomunicações, mas existe. A indústria da construção necessita, portanto, de um estudo e aprendizagem constante por parte de todos os seus intervenientes (Couto e Teixeira, 2003).

A preocupação pela diminuição de custos, aumento de produtividade, diminuição dos desperdícios construtivos, redução da produção de RCD, inovação dos processos de construção e a obtenção de um produto final de elevada qualidade está presente na generalidade das empresas, mas mais concretamente nas empresas de maior dimensão que executam as obras mais complexas e de maior envergadura existindo nelas uma preocupação mais significativa em relação às questões da sustentabilidade.

Além disso, para existir inovação é necessário investimento e apenas uma empresa com uma situação financeira consolidada tem essa capacidade. Os níveis de industrialização de uma empresa estão relacionados com o tipo de obras que esta executa. Assim sendo, uma empresa especializada num determinado setor da construção irá conseguir obter maiores benefícios recorrendo a processos de construção industriais e/ou standardizados em comparação com uma empresa que atua e executa diversos tipos de obras em diferentes ambientes.

O desenvolvimento da Pré-Fabricação encontra-se intimamente relacionado com a história da industrialização, a mecanização de processos produtivos, a crescente evolução das máquinas e as constantes adaptações e inovações das ferramentas utilizadas no mundo da construção. A industrialização da construção está relacionada com questões organizacionais e associa-se a conceitos desde a redução do espaço do estaleiro de obra à produção em série.

A industrialização na construção permite a criação em fábrica de um conjunto de processos organizados que podem ser repetidos indefinidamente, mantendo sempre os mesmos padrões de qualidade (Couto e Couto, 2007b).

O recurso a elementos pré-fabricados começou a ser utilizado há muito tempo, sendo que a pré-fabricação de peças de betão mercado é usada de forma significativa em Portugal e por todo o mundo. Deste modo, a pré-fabricação é tudo menos um sistema novo. Necessita simplesmente de contantes inovações para que os processos de fabricação dos diversos componentes sejam cada vez mais eficientes e económicos.

Os pré-fabricados em betão representam uma grande contribuição para este setor na atualidade e continuarão, certamente, a fazer parte no futuro, mas naturalmente representam apenas uma das inúmeras áreas da pré-fabricação que encontra no aço uma das outras grandes vertentes de aplicação (Serra, Ferreira e Pigozzo, 2005).

3.6. HISTÓRIA E PROCESSO DE PRÉ-FABRICAÇÃO

A história da pré-fabricação teve início no ano de 1600 sendo que apenas a partir de 1908 começaram a ser fabricadas casas pré-fabricadas modernas em forma de “kits”. As primeiras construções deste tipo foram realizadas por diversas empresas pioneiras no setor da construção, destacando-se a *Sears* e a *Aladin Co.*

As casas pré-fabricadas são construídas em fábricas preparadas para esse efeito com pessoal especializado, linhas de montagem e locais de armazenamento, tudo isto, aliado a um planeamento extremamente rigoroso. De seguida, são transportadas para o destino final e é feita a montagem no local ligando todas as componentes em concordância com o projeto.

Recorrendo à pré-fabricação é possível construir uma casa em apenas alguns dias. É claro que antes de tudo isto acontecer, existe todo um processo de planeamento e elaboração de todos os componentes em fábrica. Devido às condições da indústria, inspeções e atribuição de licenças, na globalidade, não é possível construir uma casa em apenas alguns dias, mas é possível realizar o processo em poucos meses. De qualquer forma, é um processo muito mais rápido comparando com as casas construídas de modo tradicional.

Existe, ainda hoje, um estigma elevado da população que associa a pré-fabricação à falta de qualidade. Intituladas por vezes de “casas de papel”, “barracos”, “contentores”, “casas frágeis” existe ainda um longo caminho a percorrer para que a construção pré-fabricada tenha a aceitação devida. Toda a evolução que chega com o intuito de revolucionar diversos mercados da sociedade em geral passa por um período de aceitação e de mudança, casos como o Starbucks que redefiniu o café ou “Quem quer ser milionário” que revolucionou os jogos na televisão.

Os módulos de casas pré-fabricadas estão a revolucionar a forma de construir e os defensores de que estas construções apresentam elevada qualidade, custos mais reduzidos, tempos de construção mais atractivos e ainda aumento dos benefícios ambientais, contribuindo de forma significativamente positiva para a sustentabilidade, estão a aumentar.

Além desse aumento, as casas pré-fabricadas estão também a aumentar em área de construção. Inicialmente eram habitações de um ou dois quartos e com poucas divisões, mas, atualmente, uma casa construída recorrendo a uma estrutura modular pode chegar aos milhares de metros quadrados e possuir vários andares.

O processo de fabricação de uma casa pré-fabricada assemelha-se ao mesmo conceito do método de construção de carros, proposto por Henry T. Ford, que conseguiu fazer chegar ao consumidor final carros a preços acessíveis, recorrendo a linhas de produção em série e produzindo em grandes quantidades, o que proporciona a mesma qualidade em todos os equipamentos e diminui o tempo de

produção, melhorando o rendimento. A produtividade é assim a palavra-chave deste processo (Pré-fabricadas, 2017).

Além do processo de fabrico, é relevante referir que, hoje em dia, existem diversas vertentes das casas pré-fabricadas, destacando-se as casas pré-fabricadas feitas em betão armado, em madeira e em aço. Relativamente às casas pré-fabricadas em aço (Fig. 13), é importante referir que estas oferecem muitas vantagens comparativamente ao betão armado tradicional.

Os principais pontos positivos a destacar são (Construção-em-aço, 2017):

- Redução de custos;
- Mais flexibilidade;
- Melhor contributo sustentável.

O uso do aço tem aumentado de forma significativa no mercado e o seu preço tem vindo a diminuir, fruto do crescente aumento de produtividade na sua fabricação. A progressão ao nível dos sistemas de montagem tem também ajudado a que os níveis de consumo do aço tenham aumentado. O recurso a este material permite que sejam adotadas novas técnicas associadas a custos mais reduzidos, evitando problemas relacionados com a corrosão e privilegiando a segurança contra incêndios em edifícios.



Fig. 13 – Exemplo de uma construção pré-fabricada em aço, (Construção-em-aço, 2017)

3.7. PRINCIPAIS VANTAGENS DA PRÉ-FABRICAÇÃO

Atualmente, há uma exigência enorme em termos de prazos para a elaboração das obras sendo estes, geralmente, cada vez mais reduzidos. O recurso à Construção Pré-fabricada pode trazer inúmeras vantagens neste campo, uma vez que a industrialização das metodologias construtivas leva a que os elementos que vão constituir o produto final sejam fabricadas de forma mais rápida e com a garantia de que todas irão apresentar os mesmos índices de qualidade, o que pode não acontecer com a “construção tradicional” onde o risco de erro humano está presente de forma significativa.

Os custos de construção são uma das principais vantagens onde a Construção Pré-fabricada pode intervir de forma bastante positiva. Quando é bem planeada e idealizada, a pré-fabricação permite a padronização do processo construtivo, melhorando o controlo de qualidade, reduzindo a produção de resíduos e componentes que sobram da construção, com a possibilidade de criar elementos em série. Assim sendo, facilmente se conclui que um dos maiores benefícios da pré-fabricação é a produtividade. No caso de se tratar de um processo totalmente mecanizado, sabemos qual será o

rendimento e qual o dia exato em que aquela componente estará pronta a sair da fábrica (Luo, Riley e Horman, 2005).

As exigências em termos de prazos nas obras de construção civil são cada vez mais rigorosas e são um dos grandes fatores de competitividade entre as empresas. Quando a produção é realizada em fábrica é possível implementar processos mais eficientes e que permitam maior rapidez de execução. O ambiente é controlado e podemos beneficiar do facto de muitas tarefas serem repetidas, como por exemplo, a execução de uma laje de betão armado.

Com a pré-fabricação é possível aplicar um controlo superior à execução das construções, igualando ou superando a qualidade, resistência e o rigor das mesmas comparando com a construção tradicional. Um ambiente controlado permite que as condições e as ferramentas de trabalho sejam estáveis e de maior qualidade em relação às que se implementam, normalmente, em estaleiro de obra.

No parágrafo anterior, foi referido também um dos problemas existentes a nível social da pré-fabricação – a qualidade. Existe ainda, na sociedade em geral, um estigma de que a construção pré-fabricada apresenta uma qualidade inferior relativamente à construção tradicional.

As principais vantagens da pré-fabricação são (Couto e Couto, 2007b):

- Produção de unidades industriais: estas permitem obter rotinas produtivas onde trabalha pessoal especializado tornando peças aparentemente dispendiosas, quando construídas isoladamente, em peças com a mesma qualidade associadas a custos mais reduzidos;
- Rapidez de execução em obra: a produção é realizada essencialmente em fábrica, o que permite uma rápida execução em obra. Esta inicia-se quando todos os elementos são produzidos em fábrica e, com o auxílio de um planeamento criterioso de montagem, as peças são identificadas antes de rumar à obra para que seja mais rápido e intuitivo articular *in situ* todas as componentes conforme o estabelecido no projeto;
- Controlo de gastos com energia: todos os equipamentos eléctricos usados na produção estão identificados e é conhecido o valor do consumo de cada um deles permitindo quantificar de forma detalhada os custos;
- Condições de segurança dos trabalhadores: em fábrica todos os equipamentos de trabalho encontram-se em boas condições de utilização, são alvo de manutenção e fiscalização periódica e encontram-se arrumados no seu devido lugar; O mesmo acontece com as máquinas e circuitos de produção que se encontram estabilizados, fixados ao solo sempre que necessário e equipados com elementos de protecção que podem evitar cortes ou lesões dos trabalhadores;
- Condições de segurança estrutural: sendo o processo industrializado e/ou estandardizado, o risco de falhas de segurança a nível estrutural diminui em relação à fabricação dos diversos elementos em estaleiro de obra, uma vez que a probabilidade de ocorrência de falha humana diminui significativamente em fábrica; Por outro lado, é possível realizar ensaios não destrutivos das peças em fábrica, detetando possíveis falhas e permitindo corrigir defeitos que possam surgir;
- Redução do uso de estruturas provisórias ou auxiliares: a Construção Pré-fabricada evita o recurso a andaimes nas obras, estruturas, por vezes, instáveis para a circulação dos trabalhadores e que apresentam um custo elevado;
- Redução e reutilização de cofragens: por um lado, a Construção Pré-fabricada evita o uso de sistemas de cofragem em obra uma vez que os elementos chegam ao local da obra prontos a aplicar; Por outro lado, a cofragem usada na produção de elementos em fábrica pode ser reutilizada e reaproveitada devido ao fabrico de uma grande quantidade de elementos estandardizados;

- Planeamento das fases de construção, desconstrução e reaproveitamento;
- Redução da área de estaleiro: como a maioria dos elementos construtivos chega ao estaleiro já produzidos, é necessário uma área de trabalho significativamente mais reduzida;
- Diminuição da produção de RCD em obra;
- Diminuição da produção de ruído em obra;
- Diminuição do tráfego nas estradas: ao invés de chegarem à obra diversos veículos com os diversos componentes para proceder ao fabrico dos elementos construtivos, circulam apenas os veículos que trazem as peças pré-fabricadas, diminuindo a poluição e o ruído em obra;
- Diminuição do número de acidentes em obra: uma vez que a maioria dos trabalhos é realizada em fábrica num ambiente mais controlado e com melhores condições, a probabilidade de diminuir o número de acidentes em obra é elevada;
- Maior segurança em relação à escassez de mão-de-obra qualificada: a mão-de-obra de montagem na Construção Pré-fabricada é normalmente mais qualificada, mais eficiente e com mais formação;
- Reduzir o número de pilares em estruturas com grandes vãos: melhora a qualidade, arquitetura e funcionalidade das diversas divisões e reduz o número de escoras;
- Questões estéticas do edifício: ao contrário do que se possa pensar, recorrendo à construção pré-fabricada é possível obter uma série de moldes e estruturas complexas muito difíceis de executar utilizando o método de construção tradicional; Um dos principais entraves à construção de estruturas com formas complexas e irregulares reside na construção da estrutura de cofragem com elevados níveis de complexidade que tem de ser elaborada na obra; Recorrendo à pré-fabricação, temos liberdade para produzir uma diversidade imensa de estruturas, obtendo benefícios significativos na execução de obras que recorrem ao uso de betão armado devido às condições de cura, construção de cofragem, vibração adequada do betão, etc (Tam et al., 2007);
- Redução dos custos de construção: sendo a maioria da construção realizada em fábrica numa linha de montagem elaborada para o efeito, os mecanismos estão todos controlados por trabalhadores especializados, assim como a produtividade; Assim, os custos associados à construção são, normalmente, mais reduzidos em relação à construção tradicional (Construção-em-aço, 2017);
- Proteção contra as condições climáticas adversas: como a maioria da construção é realizada em fábrica o ambiente encontra-se protegido contra as possíveis adversidades, que podem constituir barreiras a alguns trabalhos, como por exemplo, o processo de betonagem (Construção-em-aço, 2017).

3.8. DIFICULDADES NA EVOLUÇÃO E IMPLEMENTAÇÃO DA PRÉ-FABRICAÇÃO

A Construção Pré-fabricada fornece diversas vantagens mas apresenta também algumas dificuldades ou barreiras à sua aplicação. Apresentando uma extrema capacidade competitiva, aliada a uma maior segurança e capacidade de gestão mais “limpa” e eficiente, necessita de certas condições para ser aplicada.

Atualmente, a falta de mão-de-obra qualificada constitui um problema para a evolução da pré-fabricação, uma vez que é necessário recorrer, praticamente de forma exclusiva, a colaboradores especializados e com formação contínua, o que requer investimento por parte das empresas. Assim, com a progressão do recurso à pré-fabricação vão ficando fora do processo construtivo os trabalhadores não especializados que constituem uma vasta gama da mão-de-obra do mercado da construção em Portugal.

Outro entrave ao desenvolvimento da pré-fabricação é a grave necessidade de rigor e controlo das ligações entre os diversos elementos. Se uma das ligações não estiver em concordância com a ligação seguinte surge um grave problema porque a obra muitas vezes não pode progredir enquanto aquela ligação não estiver concluída, podendo assim parar a obra, fator que acarreta prejuízos significativos (Couto e Couto, 2007b).

A necessidade de rigor, exatidão de cálculo e planeamento do projeto bem como a execução de desenhos de pormenorização, são elementos-chave em obras de Construção Pré-fabricada. São operações de elevada dificuldade e que exigem muito trabalho por parte dos engenheiros responsáveis.

Uma das dificuldades é também a necessidade elevada de controlo no processo de fabricação, analisando inteiramente e com elevado rigor as formas e os pormenores, as medidas das peças, a quantidade de armadura introduzida, a classe de betão, entre muitas outras variáveis.

O transporte dos elementos construtivos até ao local final de montagem é um dos problemas associados à pré-fabricação. O desgaste a que as peças estão sujeitas durante a viagem pode alterar e/ou danificar a qualidade dos materiais (Pré-fabricadas, 2017).

3.9. PRINCIPAIS EMPRESAS DE PRÉ-FABRICAÇÃO EM PORTUGAL

Atualmente, existem bastantes empresas a nascer no ramo da pré-fabricação, a maioria delas são jovens e encontram-se à procura de se destacar e reconhecer no mercado. Neste capítulo pretende-se dar a conhecer as principais empresas em Portugal que estão intimamente ligadas à pré-fabricação fazendo parte integrante do presente e do futuro do setor em Portugal e no mundo.

3.9.1. DREAMDOMUS

A Dreamdomus é uma empresa com mais de 15 anos de atividade que tem vindo a consolidar-se no mercado. Sediada em São João da Madeira (Região Norte) e no Barreiro (Região Centro e Sul) dedica-se essencialmente a executar e implementar projetos de:

- Construção modular;
- Domótica e Gestão técnica;
- Aquecimento radiante.

Em complemento com a construção modular propriamente dita, esta empresa apresenta no seu portefólio diversas construções pré-fabricadas realizadas em Portugal equipando os seus edifícios com sistemas domóticos que auxiliam e ajudam a melhorar a sustentabilidade de cada edifício. Todos os elementos utilizados na construção Dreamdomus apresentam uma componente estrutural utilizando perfis de aço LSF (*Light Steel Frame*), placas de isolamento EPS (*Expanded Polystyrene*) e sistemas de contraventamento OSB (*Oriented Strand Board*).

De modo a garantir o desenvolvimento da empresa, a Dreamdomus tem-se envolvido em diversos projetos relacionados com a sustentabilidade dos edifícios, destacando-se o projeto HOME ZERO e o projeto QUICKBUILD.

Relativamente ao primeiro, este está a ser desenvolvido numa parceria entre a FEUP e a MAGNUM CAP, empresa portuguesa focada no desenvolvimento de equipamento electrónico e soluções de gestão, controlo e distribuição de energia, juntamente com o arquitecto Alberto Montoya, no projeto HOME para o desenvolvimento de ideias relacionadas com o conceito NZEB (*Nearly Zero-Energy Building*).

Um dos objetivos para a EUROPA 2020 é precisamente que todos os edifícios sejam NZEB, ou seja, que apresentem um balanço energético próximo de zero, sendo assim altamente eficientes. O conceito em si tem vindo a ser bastante discutido. No entanto, passará a ser obrigatório sendo que cada Estado-membro da UE terá a liberdade de propor as alterações necessárias de forma a atingir os objetivos propostos.

Com o projeto HOME ZERO pretende-se encontrar e definir novas formas de construir edifícios altamente sustentáveis, adotando conceitos de arquitetura bioclimática, implementando novas formas de produzir e acumular energia (Dreamdomus, 2017a).

Ao nível da inovação e contribuição para a melhoria do setor da pré-fabricação, a Dreamdomus participa em parceria com o *Amorim Cork Composites*, o *ITeCons* e a *Ecochoise* no projeto QUICKBUILD, projeto financiado pelo programa COMPETE – QREN. Este sistema tem como principal objetivo o desenvolvimento de uma solução de construção modular, associado à melhoria de indicadores ao nível da sustentabilidade, diminuição de custos de construção e maior rapidez de todo o processo construtivo (Dreamdomus, 2017b).

3.9.2. PRÉGAIA – PRÉ-FABRICADOS

A PRÉGAIA é uma empresa sediada na região Norte, na cidade da Maia e iniciou a sua atividade em 1981. Ocupando uma área de 41.400m², onde 16.700 m² são de área coberta é possível perceber a grande dimensão desta empresa.

Líder atual do mercado português, aposta imenso na sua internacionalização e procura arranjar diariamente as melhores soluções para as solicitações e exigências técnicas a que estão sujeitos recorrendo à sua vasta e qualificada mão-de-obra.

Desde 2003 que possui a Certificação de Conformidade da APCER n.03/CEP.1959 para o seu Sistema de Gestão da Qualidade que diz respeito à “concepção e/ou desenvolvimento, produção, montagem e assistência pós-venda de produtos prefabricados em betão” (PRÉGAIA, 2017).

A PRÉGAIA atingiu a liderança no mercado nacional, trabalhando ao nível das texturas, acabamentos e cofragens. Focada na pré-fabricação pesada, a empresa executa diversas soluções, tais como:

- Painéis de fachada, de pequenas e grandes dimensões;
- Pórticos;
- Degraus de bancada;
- *Box-culvert* (Fig. 14);
- Muros de suporte;
- Depósitos.



Fig. 14 – Exemplo de uma construção box-culvert, (PréGaia, 2017)

Além disso, a PRÉGAIA dedica-se ainda à pré-fabricação ligeira realizando diversos trabalhos utilizando GFRC (*Glass fiber Reinforced Cement*), utilizado em revestimentos interiores e exteriores de edifícios, executa mobiliário urbano, revestimentos ao nível de pavimentos, entre outros produtos.

Como principais obras em que a empresa esteve envolvida, destaca-se o Edifício Transparente (Fig. 15) e a Casa da Música no Porto, o Estádio AXA em Braga, o Edifício Sony ou o Centro comercial Colombo em Lisboa, obras de elevada complexidade e grandiosidade que espelham bem a dimensão das estruturas realizadas pela PRÉGAIA.



Fig. 15 – Edifício transparente, Solução de fachadas transparentes
(PréGaia_Edifício-Transparente, 2017)

O Edifício transparente, construído numa zona junto ao mar, nasceu integrado no programa Porto 2001 – Capital Europeia da Cultura recorrendo a um solução de fachadas pré-fabricadas em betão e vidro temperado. Estas molduras de betão branco foram construídas com aros metálicos a envolver o betão armado devido a condicionantes estruturais.

3.9.3. MOTA-ENGIL PRÉ-FABRICADOS

A MOTA-ENGIL Pré-fabricados é uma área de negócio que nasce quando o grupo Mota & Companhia adquire a empresa Maprel, especialista na produção de vigotas de betão desde 1960. A empresa Maprel passou a fazer parte do grupo Mota & Companhia, em 1987, tendo esta dado continuidade ao seu trabalho baseado na pré-fabricação de elementos de betão armado.

Em 2002, ocorre a fusão das empresas Mota & Companhia e Engil dando origem à maior empresa de construção portuguesa da atualidade, cobrindo diversas áreas de negócio especializadas, tais como:

- Pavimentações;
- Equipamentos;
- Betão;
- Fundações;
- Geotecnia;
- Agregados;
- Eletromecânica;
- Pré-esforço;
- Soluções pré-fabricadas em betão.

Focando apenas a última especialidade, a MOTA-ENGIL Pré-fabricados dimensiona e executa soluções com diversas finalidades de modo a satisfazer as necessidades dos seus clientes. Caracteriza-

se por estudar, projetar e produzir diversas soluções ao nível da pré-fabricação com vista a uma rápida colocação em obra, associado a custos reduzidos.

A empresa é responsável pela produção de aproximadamente 200m³/dia de produtos pré-fabricados em betão armado recorrendo às suas instalações, uma unidade fabril localizada em Nelas (zona centro) e outra em Rio Maior (zona sul). Deste modo, apresenta uma vasta gama de soluções que podem ser utilizadas para construir (MOTA-ENGIL, 2017):

- Edifícios;
- Pontes;
- Viadutos;
- Túneis;
- Muros de suporte;
- Lajes pré-fabricadas;
- Barreiras acústicas do tipo absorvente e refletor (betão leca, betão e em GFRC);
- Edifícios - Vigas delta (podem atingir 50m de comprimento);
- Fachadas em betão e em GFRC (Fig. 16);
- Depósitos e reservatórios de água,
- Flutuadores;
- *Box-culvert*.

A sua atividade central consiste na produção de vigas pré-fabricadas em betão em forma de I, U, T e ainda vigas laje. No seu portefólio podem ser encontradas soluções de passagem para peões constituídas por vigas pré-esforçadas, pilares específicos e elementos de rampas e escadas, tudo recorrendo a elementos pré-fabricados.



Fig. 16 – Fachada em GFRC, *Broad Museum*, Los Angeles, CA, (PRODUCTS, 2015)

Como obras de maior relevo, quer pela sua dimensão ou pela sua componente arquitetónica, destacam-se a linha de alta velocidade entre Rennes e Le Mans, o Museu de Chaves, as fachadas do Mar shopping, um Túnel em Vila Nova de Cima (Vila Real), o Pavilhão Desportivo de Freamunde, uma ponte em S. Pedro do Sul, as fachadas do Hospital de Lamego, (Fig. 17) entre muitos outros.



Fig. 17 – Hospital de proximidade de Lamego, Painéis de fachada em GFRC (Hospital_de_Lamego, 2017)

3.9.4. FARCIMAR SOLUÇÕES EM PRÉ-FABRICADOS DE BETÃO

A FARCIMAR é uma empresa da zona norte especialista na produção de elementos pré-fabricados em betão armado. Sediada no concelho de Arouca, o grupo FARCIMAR é composto por um conjunto de empresas que apostam na inovação, sendo especialistas na execução de obras recorrendo a elementos pré-fabricados.

Presente no mercado desde 1989, a FARCIMAR é especialista no desenvolvimento, produção e comercialização de produtos e soluções de pré-fabricados em betão. A chave de sucesso desta empresa passa pela sua capacidade de inovação na conceção e desenvolvimento de novos produtos que colocam à disposição em obra todas as vantagens da pré-fabricação ligeira e pesada.

Além disso, esta aposta continuamente no conhecimento dos seus especialistas, na sua internacionalização e na qualidade dos seus produtos, os quais estão em conformidade com as diretivas relativas a produtos de construção no que toca ao ambiente, segurança, qualidade e sustentabilidade.

A empresa dedica-se tanto a obras públicas como a privadas, atuando essencialmente nos setores de construção civil, vias de comunicação e agricultura. Ao nível das soluções construtivas desenvolvidas pela FARCIMAR, é importante destacar:

- Muros de suporte de terras: em diversas vias de comunicação;
- Box-culvert;
- Soluções de bancadas: Estádio Municipal de Arouca, Estádio Capital do Móvel – Paços de Ferreira, Piscinas de Campanhã, Estádio António Coimbra da Mota – Estoril, entre outros;
- Barreiras acústicas: A1 – Auto-estrada do Norte, A4 – Auto-estrada Porto – Amarante, Linha de Sintra, entre outras;
- Cemitérios: Cemitério de Olhão, São João de Ovar, Romariz – Santa Maria da Feira e Póvoa do Varzim;
- Passagens superiores e inferiores: Passagem superior de peões no IC19, Pontão na Quinta da Foja – Figueira da Foz; Passadiço na zona da feira semanal em Guimarães; Passagem inferior na via longitudinal norte – Cascais, entre outros;
- Painéis de revestimento e painéis estruturais: Centro escolar da Folgosa, Escola internacional da Covilhã, Aeroporto de Carcassone em França (2015), entre outros;

- Recolha e condução de água em redes viárias: Reabilitação do sistema de drenagem em Proença-a-Nova, Aproveitamento hidroelétrico Ribeiradio Ermida – Sever do Vouga, Auto-estrada do Marão – Amarante, *Yeatman Hotel* – Vila Nova de Gaia, entre outros;
- Mobiliário urbano: Ilhas ecológicas – Guarda, Serra da Freita – Arouca; *Melia Dunas Beach Resort & Spa* – Cabo Verde, entre outros;
- Edifícios industriais, residenciais e não residenciais: Pavilhão industrial de Cacia – Aveiro; ETAR de Olhalvas – Edifício operacional em Leiria
- Produtos não standard: Vigas de travamento, elementos de cofragem, aros de sombreamento para janelas, entre outros.

Sabendo que a qualidade comprovada dos seus produtos é uma prioridade, atualmente a FARMICAR possui certificação CE de diversos produtos, apostando assim numa marca de excelência tendo em vista o aumento da sua internacionalização (FARMICAR, 2017).

3.9.5. TÉKETO MODULAR

A empresa TÉKETO Modular está sediada em Aradas, no concelho de Aveiro e possui o *franchising* do sistema construtivo *Modiko* em três regiões a nível nacional:

- Baixo Vouga;
- Dão Lafões;
- Douro e Vouga.

Iniciou a sua atividade na área da construção tradicional em alvenaria, mas atualmente dedica-se, essencialmente à construção modular em aço *Modiko*. Este trata-se de um sistema construtivo baseado num conjunto de elementos, sejam eles perfis, paredes ou coberturas, todos eles produzidos em fábrica segundo modelos estandardizados recorrendo à mais avançada tecnologia e fáceis de transportar até ao seu destino final (TÉKETO_Modiko, 2017).

Com a tipologia construtiva *Modiko*, o cliente pode requerer uma casa totalmente personalizada a seu gosto, resistente e segura, recorrendo a uma construção evolutiva com um isolamento térmico e acústico pensado ao pormenor tendo como principal objetivo proporcionar aos seus clientes a construção da sua casa de sonho.

Sendo um francheado *Modiko*, todos os elementos de construção apresentam características modulares e padronizadas de modo a serem incorporadas com relativa facilidade em obra. Todos os elementos são produzidos em fábrica e depois são transportados em veículos destinados para esse fim até ao local final da obra. A empresa possui capacidade técnica para realizar qualquer tipo de projeto, desde o seu planeamento até à execução da obra propriamente dita.

Como principais áreas de atividade destaca-se a construção nova oferecendo as soluções contratuais de “casa fechada”, “casa pronta” e “casa chave-na-mão” tendo em conta a visão e as possibilidades dos proprietários bem como a reconstrução de edifícios, essencialmente, em zonas urbanas, onde os níveis de exigência são, por vezes, mais complicados de atingir. As vantagens de optar pelo sistema *Modiko* passam pela estabilização de fachadas e montagem da estrutura de pilares e de vigas de forma prática e eficaz aliados à rapidez de construção, qualidade, conforto e segurança (TÉKETO_Modiko, 2017).

No seu portefólio apresenta diversas obras realizadas, tais como moradias unifamiliares em Marco de Canavezes, Viseu, Aveiro (Fig. 18), Alcobaça, Óbidos, Santarém, entre muitos outros locais.



Fig. 18. – Modelo Porch em Santa Joana – Sistema construtivo
Modiko Modular Construction Technology (TEKETO, 2017)

3.9.6. MODULAR SYSTEM

A *Modular System* é uma empresa sediada no Porto, especializada na construção de estruturas de madeira. Sendo a madeira um material orgânico e renovável proporciona inúmeras vantagens ao nível ecológico e de sustentabilidade, reduzindo o impacto ambiental (Modularsystem, 2017).

As construções modulares caracterizam-se por serem bastante diversificadas, fornecendo aos seus potenciais clientes inúmeras soluções construtivas. A empresa desenvolveu um conceito inovador de construção em madeira em que os módulos com diferentes funções se agregam a nível espacial com relativa facilidade.

As casas produzidas pela empresa *Modular System* foram inspiradas em arquitetos do movimento moderno, nomeadamente *Van der Rohe*, *Craig Ellwood*, *Richard Neutra*, entre outros, além do trabalho do arquiteto francês Jean Prouvé. As ideologias assemelham-se à tradicional arquitetura vernacular e baseiam-se no conceito do “*Existenz Minimum*” que se identifica por garantir os parâmetros mínimos de uma habitação, garantindo uma casa de dimensões reduzidas mas com um nível de conforto considerável.

A empresa adota a filosofia de *Aldo Rossi* em que “as casas conformam-se e deformam-se segundo o lugar e as pessoas” sendo que o ambiente e o enquadramento temporal e espacial da casa são fatores fundamentais para chegar à melhor solução que se adequa a cada caso.

Os módulos multifunções configuram-se consoante o fim a que se destinam, sejam eles para formar cozinhas, serviços, quartos, entre outros. Devido à sua geometria rectangular, os módulos são todos idênticos permitindo criar formas simples e lineares.

Ao substituir módulos predefinidos e possibilitando o acréscimo de módulos com diferentes funções, as obras realizadas pela *Modular System* constituem edifícios dinâmicos e abertos. Em termos gerais, o sistema possibilita que a casa seja aumentada recorrendo à junção de mais módulos unidos ao núcleo original com eficácia e sem grandes dificuldades.

A *Modular System* define-se pelo seu desenho simples e essencial tendo sempre presente nas suas casas grandes vãos envidraçados criando uma dinâmica entre o espaço interior e exterior, adotando uma filosofia minimalista em que persiste a preocupação na escolha dos melhores materiais.

A equipa é formada essencialmente por arquitetos e apresenta equipas especializadas nas áreas de arquitetura, engenharia e *design*. A empresa caracteriza-se por apresentar um serviço personalizado e eficaz numa tipologia “chave na mão”.

Como principais obras realizadas destacam-se diversas casas produzidas para particulares como o complexo *Beach Villas* para o Grupo Pestana *Tróia Eco Resort & Residences*, *Eco houses* e *Snake houses* em Pedras Salgadas e, ainda, o Restaurante Buhle em Matosinhos (Fig. 19).



Fig. 19 – Restaurante *Buhle* em Matosinhos, *Modular System*
(Modularsystem, 2006)

3.9.7. SIT MODULAR SOLUTION

A *SIT Modular Solution* é uma empresa que nasceu em 2004, situa-se no concelho de Porto de Mós, em Leiria, e dedica-se à construção de elementos totalmente pré-fabricados, nomeadamente, construção modular e mobiliário urbano (SIT, 2017).

Ao nível dos módulos pré-fabricados apresenta soluções para *bungalows*, escritórios e serviços, balneários, bares e estruturas de sombreamento. Apresenta uma fabricação própria, 100% nacional e aposta fortemente no desenvolvimento de projetos de valorização do espaço rural e urbano.

A empresa apresenta uma vasta gama de soluções modulares com diferentes tamanhos e preocupa-se em respeitar o meio envolvente, favorecendo a integração e o equilíbrio deste com a natureza.

Com uma presença forte no mercado internacional, já realizou diversas soluções de sofás, floreiras, bancos e papeleiras *outline* ao nível do mobiliário urbano. Os *Bungalow village* no festival Super BOCK Super ROCK, escritórios na Marinha Grande e um Bar na Póvoa do Varzim (Fig. 20) são exemplos de alguns trabalhos realizados recorrendo unicamente a soluções modular SIT.



Fig. 20 – Bar na Póvoa do Varzim (SIT, 2017)

3.9.8. JULAR MADEIRAS

A JULAR foi fundada em 1973 pelos seus sócio fundadores Júlia e Amaro Santos, iniciando a sua atividade no ramo da promoção imobiliária, comercialização de materiais de construção e importação de madeiras a partir de Angola (JULAR, 2017).

Em 1982, com a forte importação de madeira serrada do Brasil e de toros do ocidente africano, criou-se a JULAR – Importação e Comércio de Madeiras, Lda. O volume de negócios foi aumentando ao longo dos anos e a empresa foi-se especializando nas suas diversas áreas de atividade criando uma nova unidade em Azambuja, onde realizava transformação de madeiras exóticas, serração e secagem.

A partir de 1990, começou a produzir perfis, sejam eles portas decorativas, conjuntos pré-montados de porta e aduela, pavimentos e estruturas de madeiras, divisões, entre outros, que satisfaziam as necessidades crescentes do mercado da construção civil.

Em 2000, após uma pequena mudança estratégica interna, passa a designar-se JULAR - Madeiras S.A. e a partir de 2002 criou um departamento dedicado à criação e montagem de estruturas de madeiras. O conceito de casa modular aparece em 2006, criando-se então a designada JULAR – *Treehouse*.

A construção *Treehouse* consiste numa construção totalmente em madeira que combina *design*, modularidade, rapidez e sustentabilidade (Fig. 21 e 22). A madeira é um dos melhores materiais, no que diz respeito a questões de sustentabilidade, sendo o único que tem saldo de carbono positivo, ou seja, absorve carbono da atmosfera, em oposição a todos os restantes, que o libertam (JULAR, 2017).



Fig. 21 – Planta do Modelo *Treehouse* com 6 módulos, (JULAR, 2017)



Fig. 22 – Planta do Modelo *Treehouse* com 8 módulos, (JULAR, 2017)

Além destes modelos a JULAR apresenta também casa modulares *Treehouse* riga, casas em *kit Treehouse Spot*, modelos *Auzz*, modelo *SW Lodge* e uma componente especializada em habitação *low cost*. Este método construtivo é formado unicamente por componentes com certificação PEFC (Gestão florestal sustentável & Cadeia de responsabilidade) e é construído módulo a módulo, sendo que cada um deles tem cerca de 22m².

O PEFC Portugal (Sistema Português de Certificação da Gestão Florestal Sustentável) é a maior organização a nível mundial para a certificação florestal possuindo dois terços das florestas certificadas a nível mundial, todas elas geridas de acordo com os princípios de sustentabilidade PEFC que dá garantias ao nível da qualidade e da variedade da madeira (PEFC-Portugal, 2017).

A construção *Treehouse* caracteriza-se pela sua elevada durabilidade associada a custos de manutenção reduzidos, sendo que cada obra pode crescer quer em extensão, quer em altura, consoante as necessidades dos utilizadores.

Nunca esquecendo a inovação e a arquitetura da obra, os técnicos procuram incessantemente melhorar o sistema construtivo da empresa que elaborou em 2009 uma das suas obras de maior dimensão, o *Zmar Eco Campo Resort & Spa*, (Fig. 23) na Zambujeira do Mar, zona do país que sofreu um forte investimento turístico devido à realização anual de um dos maiores festivais portugueses de Verão da atualidade, o MEO Sudoeste.



Fig. 23 – *Zmar Eco Campo Resort & Spa*, Zambujeira do Mar (ZmarEco, 2017)

Devido à qualidade e ao sucesso das obras executadas, hoje em dia a empresa executa projetos a nível internacional para países como França, Reino Unido, Angola, entre outros. Neste último local realizaram, em 2015, a primeira fase do complexo comercial na Baía de Luanda e apresentam no seu portefólio construção de modelos *Treehouse* nos Trópicos, *SW Lodge* em Barlavento, *Treehouse Riga* em Tróia, Espinho, no Guincho e muitos mais.

4

PROPOSTA DE UM MÉTODO DE AVALIAÇÃO DA SUSTENTABILIDADE NA CONSTRUÇÃO PRÉ-FABRICADA

4.1. CONSIDERAÇÕES GERAIS

A indústria da pré-fabricação tem vindo a evoluir e a ganhar terreno relativamente à construção tradicional, constituindo um método mais prático e cada vez mais utilizado em projetos complexos e de larga escala. Hoje em dia, consegue-se construir uma habitação com um *design* moderno, criativo, associado a tempos de execução mais curtos e valores orçamentais mais competitivos.

No entanto, apesar da existência de técnicas comprovadas, muitos dos edifícios não estão a ser construídos ou reabilitados recorrendo a metodologias sustentáveis. A falta de interesse ou despreocupação que ainda existe por parte dos compradores e das empresas de construção é descrito como um dos principais fatores que impedem uma evolução mais acelerada da utilização de metodologias de carácter mais sustentável, uma vez que estes apresentam dúvidas quando à sua fiabilidade e desempenho a longo prazo em relação a determinados materiais e processos adotados, como é o caso da Construção Pré-fabricada (Mateus e Bragança, 2004).

Sabendo a necessidade de inovação e contínua progressão nesta área da construção, apresenta-se neste capítulo uma proposta de um Método de Avaliação da Sustentabilidade na Construção Pré-fabricada de modo a poder avaliar sistemas construtivos de diferentes empresas especialistas neste mercado, contribuindo assim para a melhoria do setor.

Todas as companhias que trabalham na área da pré-fabricação apresentam uma forma própria de trabalhar, cada uma tem as suas instalações, os seus funcionários e utiliza os materiais que considera mais adequados.

Os principais objetivos da criação deste método são quantificar e qualificar, através de indicadores, a sustentabilidade dos edifícios nos casos em que estes são executados recorrendo a sistemas de Construção Pré-fabricada, atribuindo uma certificação fidedigna, transparente, acreditada, e que permita estabelecer comparações entre diversas obras.

4.2. A IMPORTÂNCIA DOS INDICADORES DE SUSTENTABILIDADE NA CONSTRUÇÃO

De modo a podermos definir e quantificar as questões relacionadas com a sustentabilidade de uma determinada obra surge a necessidade de adotarmos os melhores indicadores de sustentabilidade possíveis a fim de transmitir informação técnica e científica de forma prática e acessível a todos.

Os indicadores são dados, geralmente, medidos periodicamente e dizem respeito a um determinado espaço e fornecem informações sobre tendências e especificidades dos sistemas e procedimentos analisados (Rezende e Afonso, 2004).

Segundo a OCDE, um indicador é “um parâmetro ou valor dele derivado que descreve o estado de um fenómeno, ambiente ou área, com uma significância que vai para além daquela que está diretamente associada ao valor do parâmetro”.

Assim sendo, uma das vantagens da utilização de indicadores de sustentabilidade está relacionada com o facto de permitir agrupar diversos parâmetros num mesmo indicador, simplificando e diminuindo o número de variáveis quantitativas que necessitamos para proceder à análise e avaliação de questões relacionadas com a sustentabilidade (Ferreira, 2010).

A maior parte das metodologias que permitem a avaliação da sustentabilidade têm por base indicadores que aglomeram um ou mais parâmetros considerados relevantes para avaliar uma determinada área de estudo. Estes parâmetros fornecem informações sobre um determinado fenómeno, ambiente ou área e devem ser claros e objetivos permitindo adotar indicadores que sejam práticos e transparentes (Mateus e Bragança, 2004).

4.3. INDICADORES DE SUSTENTABILIDADE NA CONSTRUÇÃO

Em 1991, a Comissão Europeia criou um grupo de trabalho com vista a tratar de diversos assuntos relacionados com o tema da sustentabilidade dos edifícios. Uma das ações realizadas passou por estabelecer um conjunto de 10 indicadores que se dividem em indicadores principais e suplementares:

Indicadores principais:

- Satisfação dos utilizadores;
- Impactos nas alterações climáticas;
- Mobilidade e transportes públicos;
- Acesso às áreas de serviço e espaços verdes;
- Qualidade do ar.

Indicadores suplementares:

- Distâncias aos espaços de ensino;
- Sistemas de gestão do desenvolvimento sustentável;
- Produção de ruído;
- Uso do solo;
- Utilização de produtos sustentáveis.

Os indicadores de sustentabilidade na construção são infundáveis, e como tal, é de extrema importância a escolha dos mesmos em função dos temas que queremos analisar e aprofundar. Estes podem ser baseados em métodos ou regras, sendo possível avaliar cada um deles individualmente recorrendo a sistemas de classificação próprios e atribuição de pesos. A subjetividade presente na avaliação deve ser tida em conta uma vez que esta é realizada por seres humanos.

A utilização de combustíveis fósseis, utilização de substâncias tóxicas, o consumo de água e de energia, a incorporação de fontes renováveis nos edifícios, utilização da tecnologia, a redução de RCD, a qualidade dos materiais utilizados, entre muitos outros, são exemplos de indicadores que se podem adotar na avaliação de uma metodologia construtiva.

Nas três grandes dimensões da sustentabilidade, social, ambiental e económica, podem também ser considerados na avaliação da sustentabilidade os seguintes indicadores (Mateus e Bragança, 2004):

Dimensão Ambiental:

- Potencial de aquecimento global;
- Energia primária incorporada (PEC);
- Material reciclado;
- Reservas remanescentes de matéria-prima;
- Quantidade de matérias e recursos naturais utilizados;

Dimensão Funcional:

- Isolamento sonoro;
- Isolamento térmico;
- Durabilidade;
- Comportamento ao fogo;
- Flexibilidade de utilização;

Dimensão Económica:

- Custos de construção;
- Custos de manutenção;
- Custos de reabilitação;
- Custos de desmantelamento e/ou demolição;
- Custo de transporte para devolução ao ambiente natural.

4.4. PROPOSTA DE INDICADORES DE SUSTENTABILIDADE NA CONSTRUÇÃO PRÉ-FABRICADA

Após uma análise de diversos indicadores utilizados em diversos métodos de avaliação da sustentabilidade da construção pretende-se agora eleger os que se consideram ser os mais adequados para avaliar de uma forma geral um sistema de construção pré-fabricada.

Assim sendo, os indicadores abaixo apresentados encontram-se distribuídos por 6 áreas de análise consideradas fundamentais para qualificar um sistema construtivo baseado em métodos de construção pré-fabricada. As áreas alvo de análise do método são as seguintes:

- Produção – 7 indicadores;
- Transporte – 3 indicadores;
- Aplicação – 3 indicadores;
- Energia – 3 indicadores;
- Materiais – 6 indicadores;
- Mão-de-obra – 2 indicadores.

De modo a estruturar da melhor forma a informação, relativa aos 24 indicadores de sustentabilidade escolhidos para avaliar uma obra de Construção Pré-fabricada, optou-se por definir os mesmos como mostra a Tabela 1:

Tabela 1 – Indicadores para avaliar a Sustentabilidade na Construção Pré-fabricada

Indicadores de Sustentabilidade na Construção Pré-fabricada		
A. Produção	A.1.	Funcionalidade e/ou Adaptabilidade
	A.2.	Produção de RCD
	A.3.	Condições de armazenamento temporário
	A.4.	Arquitetura
	A.5.	Consumo de água
	A.6.	Eficiência na utilização de água
	A.7.	Custo de construção
B. Transporte	B.1	Condições de transporte
	B.2	Veículo transportador
	B.3	Tempo de viagem
C. Aplicação	C.1.	Elementos de união e de fixação
	C.2.	Terreno e Fundações
	C.3.	Saúde, Higiene e Segurança em obra
D. Energia	D.1.	Fontes de energia
	D.2.	Sistemas de aquecimento
	D.3.	Sistemas de arrefecimento
E. Materiais	E.1.	Carbono incorporado
	E.2.	Conforto térmico
	E.3.	Reação ao fogo
	E.4.	Conforto acústico
	E.5.	Reciclagem
	E.6.	Reutilização
F. Mão-de-obra	F.1	Tempo de formação dos trabalhadores
	F.2	Produtividade no trabalho

4.4.1. INDICADORES DE PRODUÇÃO

Tal como mostra a Tabela 1, a área de análise Produção é constituída por 7 indicadores de sustentabilidade, numerados de A.1 a A.7.:

- A.1. - Funcionalidade e/ou Adaptabilidade;
- A.2. - Produção de RCD;
- A.3. - Condições de armazenamento temporário;
- A.4. - Arquitetura;
- A.5. - Consumo de água;
- A.6. - Eficiência na utilização de água;
- A.7. - Custo de construção.

Nos pontos seguintes, apresentam-se detalhadamente cada um destes indicadores.

4.4.1.1. Metodologia de cálculo do Indicador A.1.

O indicador Funcionalidade e/ou Adaptabilidade abrange, como o próprio nome indica, parâmetros como a capacidade de adaptação do edifício e a funcionalidade da obra como um todo.

O agregado familiar pode aumentar ou diminuir o número de pessoas, a capacidade financeira pode sofrer alterações positivas ou negativas e a habitação, geralmente, necessita de acompanhar as fases de vida em que os habitantes se encontram. Deste modo, a capacidade que o edifício apresenta de se adaptar ao longo do tempo através de alterações ao nível de espaço é uma questão muito importante no quotidiano das pessoas.

Por outro lado, o facto de o edifício ser funcional proporciona um acréscimo de qualidade de vida aos seus habitantes sendo que a ergonomia, o tamanho e a conjugação das múltiplas divisões da habitação são também parâmetros considerados relevantes.

A capacidade que o edifício possui de estar totalmente adaptado a pessoas com mobilidade reduzida é também um dos parâmetros a ter em conta neste indicador, fator considerado essencial para garantir a qualidade de vida dos habitantes e de outros utilizadores do edifício, assegurando que este proporcione um acesso fácil a todo o tipo de pessoas.

Por último, analisa-se um parâmetro que está relacionado com a capacidade do edifício ser “transportado”, permitindo assim alterar a sua localização geográfica. Hoje em dia, é visível a grande migração de pessoas no país, maioritariamente por motivos profissionais, tornando a mobilidade geográfica uma mais-valia, e como tal, torna-se extremamente importante avaliar este parâmetro, permitindo às pessoas mover a sua casa para uma diferente localização. Isto é possível, por exemplo, caso o sistema construtivo de pré-fabricação adotado se basear na conjugação de módulos pré-fabricados.

A Tabela 2 apresenta a descrição e metodologia de cálculo deste indicador.

Tabela 2 – Indicadores de Produção – Indicador A.1.

Indicador A.1.	
Designação	Funcionalidade e/ou Adaptabilidade
Descrição	Este indicador permite analisar diversos parâmetros relacionados com a capacidade de adaptação do edifício, condições de acessibilidade e possibilidade de transportar o edifício
Objetivo	Avaliar a capacidade de expandir ou reduzir determinadas áreas do edifício, garantir adequadas condições de acessibilidade e favorecer a capacidade de mobilidade do edifício
Análise	Qualitativa
Dados	Análise do sistema construtivo Projetos e plantas do edifício
Método de cálculo	O cálculo deste indicador deve ter em conta a resposta às seguintes questões: 1- O edifício tem a capacidade de aumentar ou diminuir de tamanho? 2- O edifício adapta-se a pessoas de mobilidade reduzida? 3- O edifício pode ser transportado para outro local?
Classificação	[0 - 5]
Tempo de cálculo aconselhado (min)	[10 - 15]
Observações	O resultado de A.1. obtém-se através de uma análise qualitativa baseado nas respostas às perguntas propostas

O sistema de classificação do indicador A.1. encontra-se descrito na Tabela 3.

Tabela 3 – Sistema de classificação: Indicador A.1

Sistema de Classificação	
Resultado	Classificação
Inadaptável	1
Pouco funcional	2
Razoável	3
Funcional	4
Muito funcional	5

4.4.1.2. Metodologia de cálculo do Indicador A.2.

O indicador de Produção de RCD visa analisar essencialmente a quantidade de resíduos produzidos na fabricação dos elementos construtivos nas instalações de produção. Este indicador é extremamente relevante para a comparação da quantidade de resíduos produzidos com outros sistemas construtivos permitindo assim, caso se comprove que há uma produção exagerada destes elementos, procurar soluções que permitam a criação no futuro de soluções mais vantajosas.

Na Tabela 4, apresenta-se a descrição e metodologia de cálculo deste indicador.

Tabela 4 – Indicadores de Produção – Indicador A.2.

Indicador A.2.	
Designação	Produção de RCD
Descrição	Este indicador permite analisar a quantidade de RCD produzidos em função da área de construção
Objetivo	Possibilidade de comparação com outros sistemas construtivos com o objetivo de reduzir a produção de RCD e diminuir os custos associados aos materiais
Análise	Quantitativa
Dados	Quantidade de RCD produzidos(Kg) Área bruta de construção(m²)
Método de cálculo	$A.2. = \frac{\text{Quantidade de RCD produzidos}}{\text{Área bruta de construção}}$
Classificação	[0 - 5]
Tempo de cálculo aconselhado (min)	[15 - 20]
Observações	O resultado de A.2. expressa-se em Kg/m²

O sistema de classificação do indicador A.2. encontra-se descrito na Tabela 5.

Tabela 5 – Sistema de classificação: Indicador A.2.

Sistema de Classificação	
Resultado	Classificação
≥ 30	1
[15 - 29]	2
[6 - 14]	3
[0,1 - 5]	4
Sem produção RCD	5

4.4.1.3. Metodologia de cálculo do Indicador A.3.

O indicador Condições de armazenamento temporário permite avaliar de uma forma geral parâmetros como o tempo que a carga permanece armazenada após a produção e a qualidade do espaço onde se processa esse armazenamento.

Uma vez que o armazenamento acarreta custos devem evitar-se elevadas quantidades de material armazenado e reduzir ao máximo o tempo de armazenamento, de forma a diminuir custos associados ao armazenamento e colocar o material em obra com a máxima qualidade possível.

No caso de obras de grandes dimensões, em princípio, será necessário recorrer a armazenamento temporário mas em obras de dimensão mais “familiar” torna-se possível reduzir em quantidades significativas ou mesmo prescindir do armazenamento nas instalações de produção.

Na Tabela 6 apresenta-se a descrição e metodologia de cálculo deste indicador.

Tabela 6 – Indicadores de Produção – Indicador A.3.

Indicador A.3.	
Designação	Condições de armazenamento temporário
Descrição	Este indicador permite analisar as condições de armazenamento temporário dos elementos pré-fabricados até seguirem para o seu destino final
Objetivo	Avaliar as condições em que se encontram as componentes construtivas até ao início da obra e detetar possíveis aspectos a melhorar
Análise	Qualitativa
Dados	Informações sobre os locais e o tempo médio de armazenamento
Método de cálculo	O cálculo deste indicador deve ter em conta a resposta às seguintes questões: 1- Há necessidade de armazenamento temporário? 1.1- Se sim, durante quanto tempo? 2- Existem condições apropriadas para se proceder ao armazenamento?
Classificação	[0 - 5]
Tempo de cálculo aconselhado (min)	[5 - 10]
Observações	O resultado de A.3. obtém-se através de uma análise qualitativa baseado nas respostas às perguntas propostas

O sistema de classificação do indicador A.3. encontra-se descrito na Tabela 7.

Tabela 7 – Sistema de classificação: Indicador A.3.

Sistema de Classificação	
Resultado	Classificação
Mau	1
Razoável	2
Bom	3
Muito Bom	4
Não necessita	5

4.4.1.4. Metodologia de cálculo do Indicador A.4.

O indicador Arquitetura permite avaliar parâmetros como a inovação e o *design* do edifício, a harmonia dos espaços, as condições de acessibilidade e a conjugação das diversas divisões, analisando a organização do espaço. Este indicador permite privilegiar sistemas construtivos que proporcionem alguma liberdade arquitetónica aos seus clientes, tanto ao nível do contexto exterior como interior.

Na Tabela 8, apresenta-se a descrição e metodologia de cálculo do indicador.

Tabela 8 – Indicadores de Produção – Indicador A.4.

Indicador A.4.	
Designação	Arquitetura
Descrição	Este indicador permite analisar a inovação, criatividade e o design da obra bem como a funcionalidade da mesma
Objetivo	Avaliar a criatividade, a adoção de soluções inovadoras e a harmonia dos espaços com o objetivo de compara com sistemas construtivos semelhantes
Análise	Qualitativa
Dados	Todas as informações, esboços e desenhos de arquitetura do edifício
Método de cálculo	O cálculo deste indicador deve ter em conta a resposta às seguintes questões? 1- O projeto realizado vai de encontro com o desejo do cliente? 2- Existe harmonia entre as divisões? 3- O edifício tem boas condições de acessibilidade?
Classificação	[0 - 5]
Tempo de cálculo aconselhado (min)	[5 - 10]
Observações	O resultado de A.4. obtém-se através de uma análise qualitativa baseado nas respostas às perguntas propostas

O sistema de classificação do indicador A.4. encontra-se descrito na Tabela 9.

Tabela 9 – Sistema de classificação: Indicador A.4.

Sistema de Classificação	
Resultado	Classificação
Mau	1
Fraco	2
Razoável	3
Bom	4
Muito bom	5

4.4.1.5. Metodologia de cálculo do Indicador A.5.

O indicador Consumo de água permite avaliar qual o consumo de água por m³ de construção de forma a controlar os custos associados à utilização deste recurso e beneficiar com a melhor pontuação os sistemas construtivos que utilizam menores quantidades de água na fase de produção.

Na tabela 10, apresentam-se a descrição e metodologia de cálculo deste indicador.

Tabela 10 – Indicadores de Produção – Indicador A.5.

Indicador A.5.	
Designação	Consumo de água
Descrição	Este indicador permite-nos analisar o uso sustentável da água avaliando o consumo de água por m ³ de construção
Objetivo	Possibilidade de comparação com outros sistemas de construção pré-fabricada podendo gerar valores de referência adequados e premiar os sistemas construtivos que utilizam menos água
Análise	Quantitativa
Dados	Quantidade de água (L) utilizada por m ³ de construção
Método de cálculo	Sistema de classificação adotado
Classificação	[0 - 5]
Tempo de cálculo aconselhado (min)	[10 - 15]
Observações	O resultado de A.5. obtém-se através de uma análise qualitativa baseado nos consumos de água do sistema construtivo em análise

A água é utilizada em todos os serviços de engenharia, tanto como componente (argamassas e betão), tanto como ferramenta, como é o caso da hidrodemolição, trabalhos de limpeza, cura do betão, entre outros (Neto, 2017).

No caso da produção de 1 m³ de betão, estima-se um gasto médio que varia entre os 160 e os 200 litros de água, sendo que, por exemplo, na compactação de 1 m³ de aterro estes valores podem rondar os 300 litros de água (Neto, 2017).

O sistema de classificação do indicador A.5. encontra-se descrito na Tabela 11.

Tabela 11 – Sistema de classificação: Indicador A.5.

Sistema de Classificação	
Resultado	Classificação
> 300	1
[200 - 300]	2
[126 - 199]	3
[50 - 125]	4
< 50	5

4.4.1.6. Metodologia de cálculo do Indicador A.6.

O indicador Eficiência na utilização de água permite analisar os sistemas de poupança de água existentes nas instalações de produção, quantificando e avaliando qual a quantidade de água que esse (s) sistema (s) permite poupar por m³ de construção.

Além do consumo de água por m³ de construção torna-se extremamente importante compreender o que acontece imediatamente a seguir à água que foi utilizada no processo construtivo.

A implementação de sistemas de reutilização de água permite que a “mesma” água seja usada para diferentes fins. Assim sendo, torna-se essencial valorizar as empresas que possuem sistemas de reutilização de água implementados nas suas instalações de produção.

Por outro lado, caso não seja possível reutilizar a água de imediato, esta poderá ser armazenada em depósitos destinados a esse fim para que possa ser utilizada mais tarde noutros processos.

Na tabela 12, apresentam-se a descrição e metodologia de cálculo deste indicador.

Tabela 12 – Indicadores de Produção – Indicador A.6.

Indicador A.6.	
Designação	Eficiência na utilização de água
Descrição	Este indicador permite-nos analisar e premiar o uso sustentável da água bem como compreender os mecanismos de poupança e reutilização de água implementados
Objetivo	Possibilidade de comparação com outros sistemas de Construção Pré-fabricada premiando aqueles que apresentam um uso eficaz e eficiente da água
Análise	Qualitativa
Dados	Todas as informações disponíveis respeitantes à utilização de água, analisando detalhadamente os sistemas de poupança implementados
Método de cálculo	O cálculo deste indicador deve ter em conta a resposta às seguintes questões: 1- Existem sistemas de reutilização de água? 1.1- Se sim, que quantidade se reutiliza por m ³ ? 2- Não sendo reutilizada de imediato no mesmo processo, a água é armazenada após a sua utilização?
Classificação	[0 - 5]
Tempo de cálculo aconselhado (min)	[10 - 15]
Observações	O resultado de A.6. obtém-se através de uma análise qualitativa baseado nas respostas às perguntas propostas

O sistema de classificação do indicador A.6. encontra-se descrito na Tabela 13.

Tabela 13 – Sistema de classificação: Indicador A.6.

Sistema de Classificação	
Resultado	Classificação
Mau	1
Fraco	2
Razoável	3
Bom	4
Muito Bom	5

4.4.1.7. Metodologia de cálculo do Indicador A.7.

O indicador Custo de construção permite avaliar o custo por m² de construção. Este constitui o principal indicador a nível económico e, por esse mesmo motivo, é também aquele que tem maior influência na avaliação, em termos percentuais, comparativamente com os outros indicadores de produção.

A sua avaliação é realizada comparando o custo por m² de construção com o valor fixado anualmente pela Portaria n.º 345-B/2016, de 30 de Dezembro do custo de construção por m², favorecendo, assim, os sistemas construtivos que apresentem uma vantagem económica mais significativa para os construtores que se reflete, normalmente, numa mais-valia para o cliente final.

Segundo a Portaria n.º 345-B/2016, de 30 de Dezembro, o valor médio de construção por metro m² fixado para 2017 é de 482.40€.

Na tabela 14 apresentam-se a descrição e metodologia de cálculo deste indicador.

Tabela 14 – Indicadores de Produção – Indicador A.7.

Indicador A.7.	
Designação	Custo de construção
Descrição	Este indicador permite-nos analisar o custo de construção por m ² premiando os sistemas construtivos que apresentam este valor mais reduzido
Objetivo	Possibilidade de comparação com outros sistemas de construção pré-fabricada permitindo uma exposição destes valores de forma mais clara e objetiva
Análise	Quantitativa
Dados	Custo por m ² de construção
Método de cálculo	Sistema de classificação adotado
Classificação	[0 - 5]
Tempo de cálculo aconselhado (min)	[5 - 10]
Observações	O resultado de A.7. obtém-se através de uma análise quantitativa em função do valor médio de construção por m ² fixado anualmente pela Portaria n.º 345-B/2016, de 30 de Dezembro

O sistema de classificação do indicador A.7. encontra-se descrito na Tabela 15.

Tabela 15 – Sistema de classificação: Indicador A.7.

Sistema de Classificação	
Resultado	Classificação
≥ 600	1
[500 - 599]	2
[400 - 499]	3
[300 - 399]	4
≤ 299	5

4.4.2. INDICADORES DE TRANSPORTE

Tal como mostra a Tabela 1, a área de análise Transporte é constituída por 3 indicadores de sustentabilidade, numerados de B.1 a B.3.:

- B.1. - Condições de transporte;
- B.2. - Veículo transportador;
- B.3. - Tempo de viagem.

Nos pontos seguintes, apresenta-se de forma detalhada cada um dos indicadores referidos.

4.4.2.1. Metodologia de cálculo do Indicador B.1.

O indicador Condições de transporte permite analisar a eficiência no transporte da mercadoria, ou seja, permite avaliar o volume que é ocupado pela carga a transportar e compará-lo com o volume máximo possível de ser transportado em cada viagem.

Os objetivos deste indicador são evitar custos acrescidos para os construtores por não efetuarem o transporte com a devida disposição dos diversos elementos, reduzir os custos e diminuir a quantidade de veículos a circular nas vias de comunicação, reduzindo assim a emissão de gases poluentes.

O sistema de avaliação atribuirá a pontuação máxima nos casos em que o transporte é realizado utilizando toda a capacidade de carga disponível para o efeito. Quando tal não acontece, podem ser aplicadas medidas tais como, alterar o tipo de viatura de transporte ou alterar a disposição dos materiais a transportar de forma a aproveitar o máximo de volume permitido pelo veículo de transporte.

Na Tabela 16, apresenta-se a descrição e metodologia de cálculo deste indicador.

Tabela 16 – Indicadores de Transporte – Indicador B.1.

Indicador B.1.	
Designação	Condições de transporte
Descrição	Este indicador permite analisar a utilização de todas as potencialidades de transporte em função da capacidade de carga do veículo transportador
Objetivo	Avaliar a forma como é realizado o transporte das instalações de fabrico até ao local da obra tendo como principal objetivo de evitar desperdícios
Análise	Quantitativa
Dados	Volume ocupado pela carga transportada (m ³) Volume máximo de carga permitido pelo veículo de transporte (m ³)
Método de cálculo	$B.1. = \frac{\text{Volume ocupado pela carga}}{\text{Volume máximo permitido pelo veículo}} * 100$
Classificação	[0 - 5]
Tempo de cálculo aconselhado (min)	[5 - 10]
Observações	O resultado de B.1. expressa-se em percentagem (%)

O sistema de classificação do indicador B.1. encontra-se descrito na Tabela 17.

Tabela 17 – Sistema de classificação: Indicador B.1.

Sistema de Classificação	
Resultado	Classificação
Até 40	1
[40 - 49]	2
[50 - 74]	3
[75 - 90]	4
[91 - 100]	5

4.4.2.2. Metodologia de cálculo do Indicador B.2.

O indicador Veículo transportador permite analisar as condições do veículo propriamente dito, analisando a tipologia e idade do mesmo e o seu estado de conservação. Além destes, são também

avaliados parâmetros tais com o tipo de caixilharia do veículo e a sua fonte de energia, sendo que o ideal para este último é ser uma fonte de energia renovável.

Na Tabela 18, apresenta-se a descrição e metodologia de cálculo deste indicador.

Tabela 18 – Indicadores de Transporte – Indicador B.2.

Indicador B.2.	
Designação	Veículo transportador
Descrição	Este indicador permite analisar as condições do veículo que realiza o transporte desde as instalações de produção até ao local da obra
Objetivo	Avaliar o veículo de transporte de modo a garantir o cumprimento de todas as obrigações legais e garantir a qualidade do transporte da mercadoria
Análise	Qualitativa
Dados	Todas as informações do veículo tais como Idade, estado de conservação, fonte de energia e habilitações legais do condutor
Método de cálculo	O cálculo deste indicador deve ter em conta a resposta às seguintes questões? 1 – É necessário um veículo de transporte especial? 2 - Qual o estado de conservação do veículo? 3 - A caixa é aberta ou fechada? 4 - Qual a fonte de energia do veículo?
Classificação	[0 - 5]
Tempo de cálculo aconselhado (min)	[5 - 10]
Observações	O resultado de B.2. obtém-se através de uma análise qualitativa baseado nas respostas às perguntas propostas

O sistema de classificação do indicador B.2. encontra-se descrito na Tabela 19.

Tabela 19 – Sistema de classificação: Indicador B.2.

Sistema de Classificação	
Resultado	Classificação
Mau	1
Fraco	2
Razoável	3
Bom	4
Muito bom	5

4.4.2.3. Metodologia de cálculo do Indicador B.3.

O indicador Tempo de viagem apresenta como único parâmetro de análise o tempo de viagem a que a carga está sujeita desde o momento que sai das instalações de produção até chegar ao local da obra.

Este parâmetro apresenta uma importância significativa uma vez que se o tempo de viagem for demasiado longo, os custos de transporte são mais elevados, há uma maior probabilidade de ocorrência de acidente onde podem ser afetadas algumas características que retirem qualidade aos elementos transportados.

Na Tabela 20, apresenta-se a descrição e metodologia de cálculo deste indicador.

Tabela 20 – Indicadores de Transporte – Indicador B.3

Indicador B.3.	
Designação	Tempo de viagem
Descrição	Este indicador permite analisar o tempo de viagem a que a carga está sujeita durante a deslocação desde as instalações de produção até ao local da obra 5
Objetivo	Avaliar a influência do tempo de viagem tendo como objetivos diminuir o custo de transporte, a probabilidade de ocorrência de acidentes e a preservação das propriedades da carga
Análise	Quantitativa
Dados	Tempo de viagem (horas)
Método de cálculo	Sistema de classificação adotado
Classificação	[0 - 5]
Tempo de cálculo aconselhado (min)	[5 - 10]
Observações	O resultado de B.3. obtém-se através de uma análise quantitativa realizada em função no número de horas de viagem a que a carga está sujeita

O sistema de classificação do indicador B.3. encontra-se descrito na Tabela 21.

Tabela 21 – Sistema de classificação: Indicador B.3.

Sistema de Classificação	
Resultado	Classificação
> 6	1
[5 - 6]	2
[3 - 4]	3
[1 - 2]	4
< 1	5

4.4.3. INDICADORES DE APLICAÇÃO

Tal como mostra a Tabela 1, a área de análise Aplicação é constituída por 3 indicadores de sustentabilidade, numerados de C.1 a C.3.:

- C.1. - Elementos de união e de fixação;
- C.2. - Terreno e fundações;
- C.3. - Saúde, higiene e segurança em obra.

Nos pontos seguintes, apresenta-se de forma detalhada cada um dos indicadores referidos.

4.4.3.1. Metodologia de cálculo do Indicador C.1.

O indicador Elementos de união e de fixação permite-nos analisar as condições em que são realizadas as uniões e ligações de todos os elementos construtivos no momento da sua aplicação. Deste modo, é necessário analisar previamente estes componentes com vista a responder às questões propostas.

Na Tabela 22, apresenta-se a descrição e metodologia de cálculo deste indicador.

Tabela 22 – Indicadores de Aplicação – Indicador C.1.

Indicador C.1.	
Designação	Elementos de união e de fixação
Descrição	Este indicador permite analisar todos os elementos de ligação e fixação das diversas componentes dos elementos pré-fabricados
Objetivo	Avaliar as ligações entre as diversas componentes procurando encontrar fragilidades de modo a poder melhorar a harmonia das ligações e a resistência das mesmas
Análise	Qualitativa
Dados	Desenhos de todos os pormenores de uniões e fixações dos diversos componentes
Método de cálculo	<p>O cálculo deste indicador deve ter em conta a resposta às seguintes questões?</p> <p>1- O material utilizado para efetuar as uniões entre as diversas componentes é durável e resistente?</p> <p>2- O material utilizado para efetuar as ligações entre a estrutura e as sapatas oferecem resistência e segurança?</p> <p>3- É necessário realizar manutenção destes elementos de ligação?</p>
Classificação	[0 - 5]
Tempo de cálculo aconselhado (min)	[15 - 20]
Observações	O resultado de C.1. obtém-se através de uma análise qualitativa baseado nas respostas às perguntas propostas

O sistema de classificação do indicador C.1. encontra-se descrito na Tabela 23.

Tabela 23 – Sistema de classificação: Indicador C.1.

Sistema de Classificação	
Resultado	Classificação
Mau	1
Fraco	2
Razoável	3
Bom	4
Muito bom	5

4.4.3.2. Metodologia de cálculo do Indicador C.2.

O indicador Terreno e Fundações permite-nos avaliar parâmetros relacionados com o terreno, tais como as fundações do edifício, as condições do solo e a inclinação do terreno. Além disso, são analisados também parâmetros relacionados com a envolvente, tais como acessos, presença de obstáculos que afetem a movimentação dos elementos construtivos ou a proximidade de linhas de alta tensão.

Na Tabela 24, apresenta-se a descrição e metodologia deste cálculo deste indicador.

Tabela 24 – Indicadores de Aplicação – Indicador C.2.

Indicador C.2.	
Designação	Terreno e Fundações
Descrição	Este indicador permite analisar as condições do terreno, envolvente e das fundações do edifício
Objetivo	Avaliar se as condições do local estão em consonância com o projeto evitando possíveis paragens ou atrasos na execução da obra
Análise	Qualitativa
Dados	Informações de carácter geotécnico do local da obra, inclinação do terreno e análise da envolvente
Método de cálculo	<p>O cálculo deste indicador deve ter em conta a resposta às seguintes questões?</p> <p>1- Foi realizado um estudo geotécnico do local da obra?</p> <p>2- O terreno possui a inclinação de acordo com o projeto?</p> <p>3- As fundações estão de acordo com o projeto?</p> <p>4- Existem obstáculos no local que podem dificultar a aplicação dos componentes pré-fabricados?</p>
Classificação	[0 - 5]
Tempo de cálculo aconselhado (min)	[10 - 15]
Observações	O resultado de C.2. obtém-se através de uma análise qualitativa baseado nas respostas às perguntas propostas

O sistema de classificação do indicador C.2. encontra-se descrito na Tabela 25.

Tabela 25 – Sistema de classificação: Indicador C.2.

Sistema de Classificação	
Resultado	Classificação
Mau	1
Fraco	2
Razoável	3
Bom	4
Muito bom	5

4.4.3.3. Metodologia de cálculo do Indicador C.3.

O indicador Saúde, Higiene e Segurança em obra permite-nos avaliar todos os parâmetros relacionados com esta temática. A segurança em obra é um parâmetro cada vez mais importante quer para o dono de obra quer para o empreiteiro uma vez que o incumprimento dos requisitos legais em vigor pode implicar multas bastante pesadas.

Na Tabela 26, apresenta-se a descrição e metodologia de cálculo deste indicador:

Tabela 26 – Indicadores de Aplicação – Indicador C.3.

Indicador C.3.	
Designação	Saúde, Higiene e Segurança em obra
Descrição	Este indicador permite analisar todas as condições relacionadas com a saúde e segurança em obra
Objetivo	Garantir a segurança dos trabalhadores durante os trabalhos, diminuir o risco de acidentes de trabalho e evitar multas devido a incumprimentos legais
Análise	Quantitativa
Dados	Todas as informações sobre Segurança e Saúde no Trabalho previstas na lei
Método de cálculo	$C.3. = \frac{N^{\circ} \text{ de Leis em cumprimento}}{N^{\circ} \text{ total de leis a cumprir}} * 100$
Classificação	[0 - 5]
Tempo de cálculo aconselhado (min)	[10 - 20]
Observações	O resultado de C.3. obtém-se através de uma análise quantitativa baseada nos dados e informações recolhidas junto do Técnico Superior de Segurança no Trabalho e expressa-se em percentagem (%)

Atendendo aos inúmeros requisitos legais que este indicador envolve, este é avaliado tendo em conta todas as informações que o TSST apresenta em sua posse no momento da avaliação.

O sistema de classificação do indicador C.3. encontra-se descrito na Tabela 27.

Tabela 27 – Sistema de classificação: Indicador C.3.

Sistema de Classificação	
Resultado	Classificação
Até 40	1
[40 - 49]	2
[50 - 74]	3
[75 - 90]	4
[91 - 100]	5

4.4.4. INDICADORES DE ENERGIA

Tal como mostra a Tabela 1, a área de análise Energia é constituída por 3 indicadores de sustentabilidade, numerados de D.1 a D.3.:

- D.1. - Fontes de energia;
- D.2. - Sistemas de aquecimento;
- D.3. - Sistemas de arrefecimento.

Nos pontos seguintes, apresenta-se de forma detalhada cada um dos indicadores referidos.

4.4.4.1. Metodologia de cálculo do Indicador D.1.

O indicador Fontes de energia permite-nos avaliar a qualidade das fontes de energia do edifício, premiando com a melhor classificação aqueles que têm 100% de energia produzida apenas através de fontes renováveis, tais como o sol ou a água.

O objetivo principal, além dos benefícios ao nível financeiro a longo prazo, é promover a redução do consumo de energia não renovável através da instalação de diversos sistemas que produzam energia a partir de fontes “amigas do ambiente”, diminuindo assim a poluição.

Este indicador engloba toda a energia utilizada na habitação excepto aquela que diz respeito a sistemas de aquecimento e arrefecimento, questões que serão alvo de análise pormenorizada, tendo um indicador específico para cada caso (Indicadores D.2 e D.3).

Na Tabela 28, apresenta-se a descrição e metodologia de cálculo deste indicador.

Tabela 28 – Indicadores de Energia – Indicador D.1.

Indicador D.1.	
Designação	Fontes de energia
Descrição	Este indicador permite analisar as diversas fontes de produção de energia implementadas no edifício
Objetivo	Avaliar a gestão e eficiência da energia de modo a descobrir novos métodos de otimização de energia, menos poluente e com custos mais reduzidos
Análise	Quantitativa
Dados	Características dos sistemas de energia implementados
Método de cálculo	$D.1. = \frac{\text{Energia produzida a partir de fontes renováveis}}{\text{Energia total consumida pelo edifício}} * 100$
Classificação	[0 - 5]
Tempo de cálculo aconselhado (min)	[15 - 20]
Observações	O resultado de D.1. obtém-se através de uma análise quantitativa baseada na energia produzida através de fontes renováveis e expressa-se em percentagem (%). Exclui-se deste cálculo energia consumida por sistemas de aquecimento e arrefecimento.

O sistema de classificação do indicador D.1. encontra-se descrito na Tabela 29.

Tabela 29 – Sistema de classificação: Indicador D.1

Sistema de Classificação	
Resultado	Classificação
Até 40	1
[40 - 49]	2
[50 - 74]	3
[75 - 90]	4
[91 - 100]	5

4.4.4.2. Metodologia de cálculo do Indicador D.2.

O indicador Sistemas de aquecimento apresenta-se como um parâmetro mais específico relativamente ao anterior e permite avaliar apenas a qualidade dos sistemas de aquecimento implementados no edifício valorizando, à semelhança do que foi descrito em D.1, aqueles que apresentam 100% do seu consumo proveniente de fontes de energia renováveis.

Na Tabela 30, apresenta-se a descrição e metodologia de cálculo deste indicador.

Tabela 30 – Indicadores de Energia – Indicador D.2.

Indicador D.2.	
Designação	Sistemas de aquecimento
Descrição	Este indicador permite avaliar as fontes de energia implementadas no edifício que apresentam como finalidade abastecer os sistemas de aquecimento
Objetivo	Possibilidade de comparação com outras obras premiando as habitações que mais recorrem a fontes de energia renováveis melhorando os custos a longo prazo
Análise	Quantitativa
Dados	Características das fontes de energia e sistemas de aquecimento utilizados
Método de cálculo	$D.2. = \frac{\text{Energia produzida a partir de fontes renováveis}}{\text{Energia total consumida para aquecimento}} * 100$
Classificação	[0 - 5]
Tempo de cálculo aconselhado (min)	[10 - 15]
Observações	O resultado de D.2. obtém-se através de uma análise quantitativa baseada na energia produzida para aquecimento através de fontes renováveis e expressa-se em percentagem (%).

O sistema de classificação do indicador D.2. encontra-se descrito na Tabela 31.

Tabela 31 – Sistema de classificação: Indicador D.2.

Sistema de Classificação	
Resultado	Classificação
Até 40	1
[40 - 49]	2
[50 - 74]	3
[75 - 90]	4
[91 - 100]	5

4.4.4.3. Metodologia de cálculo do Indicador D.3.

O indicador Sistemas de arrefecimento apresenta-se também como um parâmetro mais específico em relação a D.1 sendo que a sua análise e avaliação é processada de forma semelhante ao que foi descrito em D.2., mas agora tendo apenas como foco os sistemas de arrefecimento implementados no edifício.

Na Tabela 32, apresenta-se a descrição e metodologia de cálculo deste indicador.

Tabela 32 – Indicadores de Energia – Indicador D.3.

Indicador D.3.	
Designação	Sistemas de arrefecimento
Descrição	Este indicador permite avaliar as fontes de energia implementadas no edifício que apresentam como finalidade abastecer os sistemas de arrefecimento
Objetivo	Possibilidade de comparação com outras obras premiando as habitações que mais recorrem a fontes de energia renováveis melhorando os custos a longo prazo
Análise	Quantitativa
Dados	Características das fontes de energia e sistemas de arrefecimento utilizados
Método de cálculo	$D.3. = \frac{\text{Energia produzida a partir de fontes renováveis}}{\text{Energia total consumida para arrefecimento}} * 100$
Classificação	[0 - 5]
Tempo de cálculo aconselhado (min)	[10 - 15]
Observações	O resultado de D.3. obtém-se através de uma análise quantitativa baseada na energia produzida para arrefecimento através de fontes renováveis e expressa-se em percentagem (%).

O sistema de classificação do indicador D.3. encontra-se descrito na Tabela 33.

Tabela 33 – Sistema de classificação: Indicador D.3.

Sistema de Classificação	
Resultado	Classificação
Até 40	1
[40 - 49]	2
[50 - 74]	3
[75 - 90]	4
[91 - 100]	5

No que diz respeito aos indicadores de sustentabilidade relacionados com a energia, foi criado um indicador específico para os sistemas de aquecimento e um outro para os sistemas de arrefecimento uma vez que, caso estivessem aglomerados num só indicador poderíamos estar a prejudicar a avaliação.

Um bom exemplo do se acabou acabado de mencionar seria o seguinte caso:

Exemplo: Habitação que tem implementado como sistema de aquecimento, radiadores de água quente tendo como fonte de energia apenas colectores solares e tem implementado como sistema de arrefecimento aparelhos de ar condicionado que apresentam como fonte de energia a rede elétrica da companhia.

Neste caso, o indicador relacionado com os sistemas de aquecimento iria obter a melhor pontuação do sistema de classificação (5) e o indicador que diz respeito aos sistemas de arrefecimento receberia a pontuação mais fraca (1).

4.4.5. INDICADORES DE MATERIAIS

Tal como mostra a Tabela 1, a área de análise Materiais é constituída por 6 indicadores de sustentabilidade, numerados de E.1 a E.6.:

- E.1. - Carbono incorporado;
- E.2. - Conforto térmico;
- E.3. - Reação ao fogo;
- E.4. - Conforto acústico;
- E.5. - Reciclagem;
- E.6. - Reutilização.

Nos pontos seguintes, apresenta-se de forma detalhada cada um dos indicadores referidos.

4.4.5.1. Metodologia de cálculo do Indicador E.1.

O indicador Carbono incorporado permite-nos analisar o valor deste dado do material mais utilizado no processo construtivo uma vez que é o que apresenta maior influência em matéria de sustentabilidade.

No caso de existirem dois materiais igualmente muito utilizados na construção deve realizar-se previamente a média entre esses dois valores de carbono incorporado e prosseguir, posteriormente à avaliação deste indicador.

Na Tabela 34, apresenta-se a descrição e metodologia de cálculo deste indicador.

Tabela 34 – Indicadores de Materiais – Indicador E.1.

Indicador E.1.	
Designação	Carbono incorporado
Descrição	Este indicador permite-nos analisar o valor de carbono incorporado dos materiais utilizados na construção do edifício
Objetivo	Avaliar a sustentabilidade do material mais utilizado num determinado sistema construtivo com o objetivo de reduzir os níveis de carbono incorporado
Análise	Quantitativa
Dados	Valor de Carbono incorporado de cada material utilizado
Método de cálculo	E.1.= Valor de carbono incorporado do material mais utilizado
Classificação	[0 - 5]
Tempo de cálculo aconselhado (min)	[5 - 10]
Observações	O resultado de E.1. expressa-se em kgCO ₂

O sistema de classificação do indicador E.1. encontra-se descrito na Tabela 35.

Tabela 35 – Sistema de classificação: Indicador E.1.

Sistema de Classificação	
Resultado	Classificação
> 7	1
[6 - 7]	2
[4 - 5]	3
[2 - 3]	4
<1	5

O gráfico da fig. 24 apresenta os valores de carbono incorporado, em kgCO_2 , de alguns dos materiais mais utilizados na construção civil:

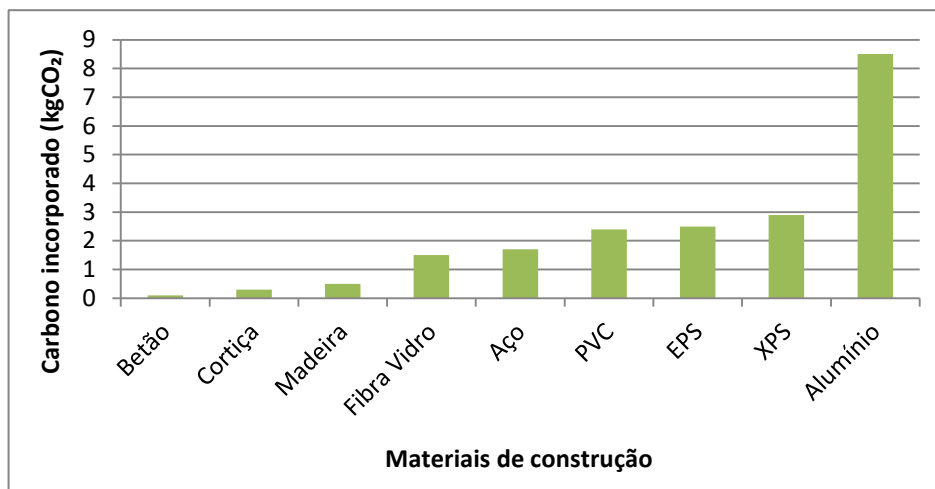


Fig. 24 – Valores de carbono incorporado de materiais de construção

4.4.5.2. Metodologia de cálculo do Indicador E.2.

O indicador Conforto térmico permite-nos analisar o valor do coeficiente de transmissão térmica das paredes exteriores do edifício, U [$\text{W}/\text{m}^2\cdot^\circ\text{C}$] permitindo, deste modo, efetuar comparações entre diversos sistemas construtivos, valorizando os que apresentam o valor de “ U ” mais reduzido.

Na Tabela 36, apresenta-se a descrição e metodologia de cálculo deste indicador.

Tabela 36 – Indicadores de Materiais – Indicador E.2.

Indicador E.2.	
Designação	Conforto térmico
Descrição	Este indicador permite-nos analisar uma das características fundamentais no que diz respeito ao isolamento térmico do edifício
Objetivo	Avaliar as condições térmicas das paredes exteriores do edifício procurando avaliar da melhor forma o isolamento térmico do edifício
Análise	Quantitativa
Dados	Valor do coeficiente de transmissão térmica das paredes exteriores, U [$\text{W}/(\text{m}^2\cdot^\circ\text{C})$]
Método de cálculo	$E.2. = \text{Valor do coeficiente de transmissão térmica das paredes exteriores, } U \text{ } [\text{W}/(\text{m}^2\cdot^\circ\text{C})]$
Classificação	[0 - 5]
Tempo de cálculo aconselhado (min)	[5 - 10]
Observações	O resultado de E.2. obtém-se através da avaliação do valor do coeficiente de transmissão térmica das paredes exteriores, U [$\text{W}/(\text{m}^2\cdot^\circ\text{C})$]

De modo a realizar a avaliação adequada deste parâmetro foi consultado o Quadro II.2 do livro intitulado de “Coeficientes de transmissão térmica de elementos da envolvente dos edifícios” que indica os valores dos coeficientes de transmissão térmica de paredes de fachada com isolamento térmico pelo exterior, U ($W/(m^2 \cdot ^\circ C)$) (Matos e Dos Santos, 2006).

O sistema de classificação do indicador E.2. encontra-se descrito na Tabela 37.

Tabela 37 – Sistema de classificação: Indicador E.2.

Sistema de Classificação	
Resultado	Classificação
> 1	1
$[0,8 - 1]$	2
$[0,6 - 0,79]$	3
$[0,4 - 0,59]$	4
$< 0,4$	5

4.4.5.3. Metodologia de cálculo do Indicador E.3.

O indicador Reação ao fogo é um dos dados mais importantes na construção civil no que diz respeito à segurança contra incêndios de um edifício. Para avaliar este indicador foi consultada a classe de reação ao fogo de cada material calculada recorrendo a ensaios onde intervêm propriedades como:

- Facilidade de ignição;
- Desenvolvimento da combustão do produto;
- Libertação de calor;
- Libertação de fumos ou de produtos voláteis;
- Libertação de gotas ou de partículas inflamadas.

A reação ao fogo é um indicador que remete para o comportamento face ao fogo dos materiais de construção, atendendo o seu contributo para a origem e desenvolvimento de um incêndio. Na avaliação deste indicador, considera-se as classes de reação ao fogo descritas no sistema europeu (De Freitas, 2012):

- A1: Nenhuma contribuição para o fogo;
- A2: Contribuição para o fogo quase nula;
- B: Contribuição para o fogo muito limitada;
- C: Contribuição para o fogo limitada;
- D: Contribuição para o fogo aceitável;
- E: Reação ao fogo aceitável;
- F: Comportamento não determinado.

Na Tabela 38, apresenta-se a descrição e metodologia de cálculo deste indicador.

Tabela 38 – Indicadores de Materiais – Indicador E.3.

Indicador E.3.	
Designação	Reação ao fogo
Descrição	Este indicador permite-nos analisar as contribuições para o fogo dos elementos pré-fabricados
Objetivo	Possibilidade de comparação com outros sistemas de construção pré-fabricada podendo avaliar a qualidade dos materiais relativamente à reação ao fogo
Análise	Qualitativa
Dados	Classificações da classe de reação ao fogo dos produtos de construção utilizados
Método de cálculo	E.3.= Valor da classe de reação ao fogo do pior material utilizado
Classificação	[0 - 5]
Tempo de cálculo aconselhado (min)	[10 – 15]
Observações	O resultado de E.3. obtém-se através da análise da classe de reação ao fogo dos produtos utilizados considerada no sistema europeu. As classes apresentam-se no sistema de classificação.

O sistema de classificação do indicador E.3. encontra-se descrito na Tabela 39.

Tabela 39 – Sistema de classificação: Indicador E.3.

Sistema de Classificação	
Resultado	Classificação
F: Comportamento não determinado e	
E: Reação ao fogo aceitável	1
D: Contribuição aceitável	2
C: Contribuição limitada	3
B: Contribuição muito limitada	4
A2: Contribuição quase nula e	5
A1: Nenhuma contribuição para o fogo	

4.4.5.4. Metodologia de cálculo do Indicador E.4.

O indicador Conforto acústico permite-nos avaliar os valores dos índices de isolamento acústico dos materiais que constituem as paredes exteriores de modo a compreender as condições acústicas do edifício, valorizando aqueles que apresentam materiais/elementos com melhores propriedades acústicas no que diz respeito ao ruído de condução aérea.

No que diz respeito à acústica dos edifícios, é necessário distinguir dois tipos de ruído: (De Freitas, 2012)

- Ruído de condução aérea: a transmissão é realizada apenas por vibrações do ar, sem qualquer contacto do estímulo original com o edifício, como por exemplo, ruídos provocados pelas pessoas, carros, etc;
- Ruído de percussão: existe transmissão mecânica direta da fonte de irradiação sobre os elementos construtivos, como por exemplo, pessoas a caminhar, portas a fechar, etc.

Para classificar este indicador considerou-se a avaliação do índice de isolamento acústico (R), expresso em decibéis (dB), utilizado para comparar soluções construtivas ensaiadas em laboratório, sem o efeito de quaisquer transmissões marginais.

Caso seja inviável avaliar este indicador nas instalações de produção deve realizar-se *in situ* a medição de R_w , denominado por índice corrigido de isolamento a sons aéreos. Nesta situação, é necessário avaliar também as transmissões marginais, valor que pode ser estimado segundo a EN ISO 12354-1 intitulada “Acústica de edifícios – Estimativa do desempenho acústico de edifícios a partir do desempenho de elementos” (Ferreira, 2007).

As exigências regulamentares relativas a esta temática estão descritas no Regulamento dos Requisitos Acústicos dos Edifícios (RRAE), aprovado pelo Decreto-Lei 129/2002 de 11 de Maio, onde estão incluídos todo o tipo de edifícios, desde os habitacionais aos industriais.

Segundo o Decreto-Lei n.º 96/2008 – Alterações ao RRAE, que tem como objetivo a compatibilização com as disposições do RGR (Regulamento Geral do Ruído) relativamente ao isolamento sonoro das fachadas dos edifícios e analisando o Capítulo II (Requisitos acústicos dos edifícios), Art. 5.º, pode ler-se que “os edifícios e as suas fracções que se destinem a usos habitacionais ou que, para além daquele uso, se destinem também a comércio (...) estão sujeitos ao cumprimento dos seguintes requisitos acústicos”:

O índice de isolamento sonoro a sons de condução aérea entre o exterior do edifício e quartos ou zonas de estar dos fogos deve ser igual ou superior a 33 dB em zonas mistas ou zonas sensíveis reguladas conforme o disposto nas alíneas c), d) e e) do n.º1 do Art. 11º do RGR e deve ser igual ou superior a 28dB conforme o disposto na alínea b) desse mesmo artigo (República, 2008).

Na Tabela 40, apresenta-se a descrição e metodologia de cálculo deste indicador.

Tabela 40 – Indicadores de Materiais – Indicador E.4.

Indicador E.4.	
Designação	Conforto acústico
Descrição	Este indicador permite-nos avaliar as características acústicas das paredes exteriores do edifício
Objetivo	Possibilidade de comparação com outros sistemas de Construção Pré-fabricada tendo em vista a melhoria das condições acústicas dos edifícios
Análise	Quantitativa
Dados	Valor do índice de isolamento acústico das paredes exteriores do edifício
Método de cálculo	E.4.= Valor do índice de isolamento acústico das paredes exteriores (dB)
Classificação	[0 - 5]
Tempo de cálculo aconselhado (min)	[10 - 15]
Observações	O resultado de E.4. obtém-se através da avaliação do valor do índice de isolamento acústico das paredes exteriores

O sistema de classificação do indicador E.4. encontra-se descrito na Tabela 40.

Tabela 41 – Sistema de classificação: Indicador E.4.

Sistema de Classificação	
Resultado	Classificação
< 20	1
[20 - 29]	2
[30 - 39]	3
[40 - 50]	4
> 50	5

4.4.5.5. Metodologia de cálculo do Indicador E.5.

O indicador Reciclagem permite-nos analisar a quantidade de material passível de ser reciclada após a sua utilização. O objetivo principal é evitar o desperdício de materiais, valorizando os sistemas

construtivos que utilizam 100% da quantidade de materiais que a empresa adquire com vista à realização de uma determinada obra. Outro dos objetivos fundamentais é evitar a deposição de materiais de construção em aterros ou estruturas similares.

Na Tabela 42, apresenta-se a descrição e metodologia de cálculo deste indicador.

Tabela 42 – Indicadores de Materiais – Indicador E.5.

Indicador E.5.	
Designação	Reciclagem
Descrição	Este indicador permite-nos avaliar a capacidade dos materiais utilizados na produção dos diversos elementos construtivos serem reciclados
Objetivo	Possibilidade de comparação com outros sistemas de construção pré-fabricada podendo gerar valores de referência associados a cada tipo de obra
Análise	Quantitativa
Dados	Quantidade de materiais adquiridos; Quantidade de materiais utilizados; Quantidade de materiais reciclável
Método de cálculo	$E.5. = \frac{\text{Quantidade de materiais reciclável}}{\text{Quantidade de materiais sobranter}} * 100$
Classificação	[0 - 5]
Tempo de cálculo aconselhado (min)	[15 - 20]
Observações	A quantidade de materiais sobranter é a diferença entre a quantidade de materiais adquiridos e a quantidade de materiais utilizada na produção. O resultado de E.5. expressa-se em percentagem (%)

O sistema de classificação do indicador E.5. encontra-se descrito na Tabela 43.

Tabela 43 – Sistema de classificação: Indicador E.5.

Sistema de Classificação	
Resultado	Classificação
Até 40	1
[40 - 49]	2
[50 - 74]	3
[75 - 94]	4
[95 - 100]	5

4.4.5.6. Metodologia de cálculo do Indicador E.6.

O indicador Reutilização permite-nos analisar a quantidade de materiais passível de ser reutilizada após a sua utilização. O objetivo principal é valorizar os sistemas construtivos que usam todo o material que foi adquirido pela empresa no início dos trabalhos, quer seja no próprio projeto ou no seguinte.

Na Tabela 44, apresenta-se a descrição e metodologia de cálculo deste indicador.

Tabela 44 – Indicadores de Materiais – Indicador E.6.

Indicador E.6.	
Designação	Reutilização
Descrição	Este indicador permite-nos avaliar a capacidade dos materiais utilizados na produção dos diversos elementos construtivos serem reutilizados
Objetivo	Possibilidade de comparação com outros sistemas de construção pré-fabricada podendo gerar valores de referência associados a cada tipo de obra
Análise	Quantitativa
Dados	Quantidade de materiais adquiridos; Quantidade de materiais utilizados; Quantidade de materiais reutilizável
Método de cálculo	$E.6. = \frac{\text{Quantidade de materiais reutilizáveis}}{\text{Quantidade de materiais sobranter}} * 100$
Classificação	[0 - 5]
Tempo de cálculo aconselhado (min)	[15 - 20]
Observações	A quantidade de materiais sobranter é a diferença entre a quantidade de materiais adquiridos e a quantidade de materiais utilizada na produção. O resultado de E.6. expressa-se em percentagem (%)

O sistema de classificação do indicador E.6. encontra-se descrito na Tabela 45.

Tabela 45 – Sistema de classificação: Indicador E.6.

Sistema de Classificação	
Resultado	Classificação
Até 40	1
[40 - 49]	2
[50 - 74]	3
[75 - 94]	4
[95 - 100]	5

4.4.6. INDICADORES DE MÃO-DE-OBRA

Tal como mostra a Tabela 1, a área de análise Mão-de-obra é constituída por 2 indicadores de sustentabilidade, designados por F.1 e F.2.:

- F.1. - Tempo de formação dos trabalhadores;
- F.2. - Produtividade no trabalho.

Nos pontos seguintes, apresenta-se de forma detalhada cada um dos indicadores referidos.

4.4.6.1. Metodologia de cálculo do Indicador F.1.

O indicador Tempo de formação dos trabalhadores permite-nos analisar precisamente o número de horas de formação dadas pela empresa em função no número de trabalhadores assalariados.

A mão-de-obra é um dos recursos mais importantes na execução de obras de construção civil porque representa uma parte significativa do custo global. Como tal, considera-se fundamental que esta tenha o tempo de formação adequado de modo a obter melhores qualificações a nível individual que se reflitam na melhoria da qualidade do trabalho a nível coletivo.

Na Tabela 46, apresenta-se a descrição e metodologia de cálculo deste indicador.

Tabela 46 – Indicadores de Mão-de-obra – Indicador F.1.

Indicador F.1.	
Designação	Tempo de formação dos trabalhadores
Descrição	Este indicador permite avaliar o número de horas de formação dos trabalhadores em função do número de trabalhadores formados no mês em estudo
Objetivo	Possibilidade de comparação com outras empresas de construção pré-fabricada podendo gerar valores de referência associados a cada sistema construtivo
Análise	Quantitativa
Dados	Números de horas de formação dos trabalhadores Número de trabalhadores formados
Método de cálculo	$F.1. = \frac{\text{Número de horas de formação}}{\text{Número de trabalhadores formados}}$
Classificação	[0 - 5]
Tempo de cálculo aconselhado (min)	[5 - 10]
Observações	O resultado de F.1. expressa-se em número de horas/ número de trabalhadores formados do mês em estudo

O sistema de classificação do indicador F.1. encontra-se descrito na Tabela 47.

Tabela 47 – Sistema de classificação: Indicador F.1.

Sistema de Classificação	
Resultado	Classificação
$\leq 0,2$	1
[0,3 - 0,4]	2
[0,5 - 0,7]	3
[0,9 - 1]	4
>1	5

4.4.6.2. Metodologia de cálculo do Indicador F.2.

O indicador Produtividade no trabalho permite analisar a produtividade no fabrico dos diversos componentes da construção nas instalações de produção.

A produtividade no mundo da construção civil pode ser definida relacionando a quantidade de trabalho realizado com o tempo despendido a executar determinada tarefa, sendo este último expresso em horas.

Na Tabela 48, apresenta-se a descrição e metodologia de cálculo deste indicador.

Tabela 48 – Indicadores de Mão-de-obra – Indicador F.2

Indicador F.2.	
Designação	Produtividade no trabalho
Descrição	Este indicador permite analisar a produtividade dos trabalhadores nas instalações de produção
Objetivo	Avaliar os níveis de produtividade no trabalho procurando, constantemente, medidas de melhoria a implementar para melhorar este indicador
Análise	Quantitativa
Dados	Quantidade produzida em m ³ Número de horas de trabalho
Método de cálculo	$F.2. = \frac{\text{Quantidade produzida (m}^3\text{)}}{\text{Número de horas de trabalho}}$
Classificação	[0 - 5]
Tempo de cálculo aconselhado (min)	[5 - 10]
Observações	O resultado de F.2. obtém-se através de uma análise quantitativa baseada, por exemplo, na quantidade de horas necessárias para produzir 1 m ³ . O resultado expressa-se em m ³ /hora

A preocupação e a exigência em termos de prazos, juntamente com as exigentes metas a nível financeiro que as empresas necessitam de atingir de forma a ser mais sustentáveis e mais competitivas no mercado, fazem com que o conceito de produtividade esteja sempre presente.

O sistema de classificação do indicador F.2. encontra-se descrito na Tabela 49.

Tabela 49 – Sistema de classificação: Indicador F.2.

Sistema de Classificação	
Resultado	Classificação
<0,2	1
[0,2 - 0,49]	2
[0,5 - 0,84]	3
0,85 - 1]	4
>1	5

4.5. PROPOSTA DE UM MÉTODO DE AVALIAÇÃO DA SUSTENTABILIDADE NA CONSTRUÇÃO PRÉ-FABRICADA

Atendendo à evolução do mercado da construção pré-fabricada e depois de analisar alguns métodos existentes no mercado nacional e internacional de avaliação da sustentabilidade na construção, surge então este protótipo de um método de avaliação da sustentabilidade de sistemas de construção que recorrem na sua totalidade à execução de obras baseadas em sistemas pré-fabricados.

Este protótipo foi designado por Método “ECO-GREEN Pré-fabricação” e pretende avaliar a sustentabilidade de sistemas construtivos de pré-fabricação, iniciando essa mesma avaliação nas instalações de produção, passando pelo transporte e termina com a aplicação no local de implementação da obra.

Ao contrário da maioria dos métodos abordados no capítulo 2, que visam avaliar a sustentabilidade da obra final ou do edifício em fase de utilização, este método visa inteiramente avaliar a sustentabilidade do sistema construtivo propriamente dito, avaliando indicadores relacionados com a mão-de-obra, eficiência e gestão da água, sistemas de energia implementados, materiais utilizados na construção, entre outros.

4.5.1. DESCRIÇÃO DA METODOLOGIA

O método envolve todos os indicadores descritos no tópico 4.4. e apresenta como principal objetivo a avaliação em termos sustentáveis de uma obra executada recorrendo a um sistema de construção pré-fabricada baseado numa análise multicritério.

Todas as áreas de análise abordadas neste método apresentam contribuições diferentes em função das importâncias das mesmas para a avaliação da sustentabilidade de um edifício. Assim sendo, apresenta-se de seguida na Tabela 50 uma demonstração em termos de valores percentuais das contribuições de cada uma das áreas em análise, bem como de cada um dos indicadores avaliados.

Tabela 50 – Influências em termos percentuais de cada área em análise e de todos os indicadores que integram o método

Áreas em análise	Indicadores de Sustentabilidade	Tipo de avaliação	Influência por área (%)	Influência por Indicador (%)
A. Produção	1. Funcionalidade e/ou Adaptabilidade	Qualitativa	31	5
	2. Produção de RCD	Quantitativa		5
	3. Condições de armazenamento temporário	Qualitativa		3
	4. Arquitetura	Qualitativa		5
	5. Consumo de água	Quantitativa		4
	6. Eficiência na utilização de água	Qualitativa		4
	7. Custo de construção	Quantitativa		5
B. Transporte	1. Condições de transporte	Quantitativa	7	3
	2. Veículo transportador	Qualitativa		2
	3. Tempo de viagem	Quantitativa		2
C. Aplicação	1. Elementos de união e de fixação	Qualitativa	15	5
	2. Terreno e Fundações	Qualitativa		4
	3. Saúde, Higiene e Segurança em obra	Quantitativa		6
D. Energia	1. Fontes de energia	Quantitativa	13	5
	2. Sistemas de aquecimento	Quantitativa		4
	3. Sistemas de arrefecimento	Quantitativa		4
E. Materiais	1. Carbono incorporado	Quantitativa	27	5
	2. Conforto térmico	Quantitativa		5
	3. Reação ao fogo	Qualitativa		5
	4. Conforto acústico	Quantitativa		4

	5. Reciclagem	Quantitativa		4
	6. Reutilização	Quantitativa		4
F. Mão-de-obra	1. Tempo de formação dos trabalhadores	Quantitativa	7	4
	2. Produtividade no trabalho	Quantitativa		3
TOTAL			100	100

Assim sendo, decidiu-se atribuir uma maior classificação à área de análise “Produção” (31%) que se considera ser a fundamental, atendendo ao objetivo deste método, uma vez que engloba indicadores relacionados com a funcionalidade, produção de RCD, arquitetura, consumo e eficiência na utilização da água, questões que interferem de forma bastante ativa na sustentabilidade de uma obra.

Seguidamente, em termos de importância para a análise da sustentabilidade, está a área de análise dos “Materiais” (27%) que aglomera indicadores relacionados com as características consideradas fundamentais de um material, tais como classe de reação ao fogo, valores de condutibilidade térmica dos materiais (Λ), valores de carbono incorporado, entre outros.

A área de análise “Aplicação” (15%) apresenta-se no terceiro posto uma vez que engloba todo o processo de execução do edifício bem como as condições do terreno e fundações. A questão da segurança e higiene no trabalho é considerada fundamental nesta análise uma vez que as condições de trabalho dos profissionais de construção é um fator muito importante quer para o bom funcionamento da obra quer para a integridade física e mental dos trabalhadores.

A área de análise “Energia” (13%) aparece apenas em quarto lugar mas tem uma importância fundamental na avaliação da sustentabilidade. Aparece aqui porque optou-se por criar uma área específica dedicada apenas à energia, analisando as fontes renováveis ou não que são implementadas nas diversas obras e os sistemas de aquecimento e de arrefecimento dos espaços interiores.

Por fim, apresentam-se as áreas de Transporte e Mão-de-obra, que completam as áreas de análise que se consideram fundamentais para avaliar qualquer sistema de construção pré-fabricada. Na primeira, valorizam-se parâmetros como as condições de transporte e do veículo, condições de armazenamento da carga e tempo de viagem, enquanto que na segunda valorizam-se questões relacionadas com a produtividade no trabalho e a formação dos trabalhadores.

4.5.2. SISTEMA DE CLASSIFICAÇÃO

O método “ECO-GREEN Pré-fabricação” caracteriza-se por apresentar um sistema de classificação prático e fácil de utilizar. Cada indicador é calculado individualmente recorrendo ao respetivo método de cálculo e sistema de classificação, ambos apresentados no tópico 4.4..

Atribuindo a classificação de 1 a 5 a cada um dos indicadores de sustentabilidade e conjugando essa avaliação com as percentagens de influência de cada um, conforme o exposto na Tabela 49, é calculado um valor da contribuição de cada indicador tendo em conta a equação (1).

$$\text{Contribuição de cada indicador [0 – 100]} = \frac{\text{Avaliação por indicador} \times \text{Influência por indicador (\%)}}{5} \quad (1)$$

O resultado final será o somatório da contribuição de todos os indicadores, obtendo uma pontuação pertencente a um intervalo de valores de [0-100]. Com o valor resultante deste cálculo e consultando a tabela 51 atribui-se a respectiva classificação.

Tabela 51 – Sistema de classificação do Método ECO-GREEN
Pré-fabricação

Sistema de Classificação	
Atribuição de Certificado	Pontuação
Sem Certificação	0-39
Certificado ECO-GREEN	40-55
Certificado ECO-GREEN Bronze	56-70
Certificado ECO-GREEN Prata	71-85
Certificado ECO-GREEN Ouro	86-100

5

CASO DE ESTUDO

5.1. CONSIDERAÇÕES GERAIS

De modo a analisar e testar a aplicabilidade do método de avaliação da sustentabilidade em construções pré-fabricadas descrito no capítulo anterior, surge a necessidade de recorrer a um caso de estudo concreto.

Neste capítulo é apresentado um caso de estudo relativo à execução de uma moradia unifamiliar em Marco de Canavezes que foi executada recorrendo a um sistema de construção pré-fabricada.

Em primeiro lugar, apresentam-se de uma forma simplificada informações gerais sobre a obra e também as características do sistema construtivo aplicado para executar este projeto.

De seguida, são analisados os indicadores de sustentabilidade apresentados no capítulo anterior, procurando efectuar da melhor forma possível os cálculos de cada um dos indicadores de sustentabilidade deste sistema construtivo.

Encontrando-se reunidas as classificações atribuídas a cada indicador, é então utilizado o método “ECO-GREEN Pré-fabricação”, construído com o auxílio da ferramenta *Microsoft Excel*, de forma a classificar e certificar o presente caso de estudo.

Por forma a analisar e comprovar a aplicabilidade deste protótipo, realizaram-se algumas considerações sobre a forma como este método pode ser introduzido no mercado de forma a potenciar e valorizar os sistemas de construção pré-fabricada existentes e todos aqueles que vierem a surgir.

5.2. DESCRIÇÃO DO CASO DE ESTUDO

O caso de estudo abordado trata-se uma moradia unifamiliar de tipologia T3, situada em Marco de Canavezes, com uma área bruta de construção de 334,60 m². A habitação é composta por dois pisos, sendo que o lote apresenta uma área de 631.26 m² e uma área de implantação para a moradia de, aproximadamente, 250 m².

Nas figuras 25 a 28, podemos observar diversos alçados que constam do projeto de arquitetura desta moradia que se situa numa zona rural e, nas figuras 29 a 31, apresentam-se as plantas do edifício. A moradia não inclui qualquer tipo de garagem mas junto à estrada, existe um espaço destinado a dois lugares de estacionamento.

Esta moradia é constituída por rés-do-chão e 1.º andar e foi realizada recorrendo, exclusivamente, ao sistema construtivo *Modiko* que é explicado detalhadamente em 5.3..



Fig. 25 – Vista da fachada Sul, Projeto de arquitetura, (Metalusa, 2015)



Fig. 26 – Vista da fachada Norte, Projeto de arquitetura, (Metalusa, 2015)



Fig. 27 – Pormenor da fachada Norte, Projeto de arquitetura, (Metalusa, 2015)



Fig. 28 – Vista da fachada Este, Projeto de arquitetura, (Metalusa, 2015)

De seguida, podemos observar as plantas da moradia em estudo:

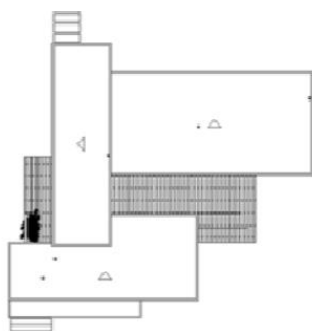


Fig. 29 – Planta da cobertura, (Metalusa, 2015)



Fig. 30 – Planta do piso 0, (Metalusa, 2015)

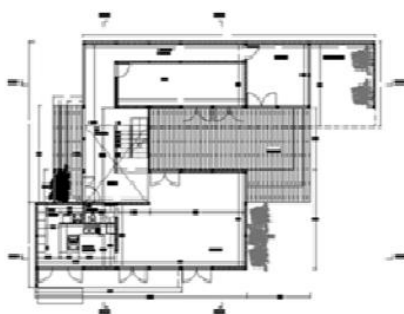


Fig. 31 – Planta do piso 1, (Metalusa, 2015)

5.3. MÉTODO DE CONSTRUÇÃO: SISTEMA CONSTRUTIVO *MODIKO*

O método utilizado para elaborar este projeto foi o sistema construtivo *Modiko*. Trata-se de uma tipologia de *kit* de construção metálica composto por elementos pré-fabricados. O sistema apresenta como base o conceito de construção modular pré-fabricada, produzindo diversos elementos metálicos tais como perfis, paredes e platibandas.

Todos os elementos que integram a construção da habitação são produzidos nas instalações fabris e posteriormente transportados para o local da obra onde são complementados por materiais adicionados no local, os quais proporcionam características de inovação e *design* arquitetónico diferenciador, atendendo ao tipo de projeto.

O sistema construtivo *Modiko* assenta numa base reticulada composta por perfis *Perflex* que são produzidos recorrendo a aço galvanizado e enformados a frio. A versatilidade e a capacidade de adaptação a diversas soluções construtivas tornam estes perfis extremamente vantajosos permitindo um conjunto de soluções ao nível arquitetónico. Além disso, estes perfis dispensam soldaduras e podem unir pilares e vigas em qualquer ponto e segundo qualquer eixo.

Nas figuras 32 e 33, é apresentado um exemplo de uma moradia executada recorrendo a este sistema construtivo onde se pode observar o que acontece numa fase da construção onde os operários se encontram a aplicar as paredes pré-fabricadas *Modiko* (Fig. 32) e numa fase de acabamentos (Fig. 33).



Fig. 32 – Exemplo de uma moradia em fase de construção. (Mota, 2013)



Fig. 33 – Exemplo de uma moradia em fase de acabamentos. (Mota, 2013)

As lajes do piso são montadas no local usando os perfis *Perflex* que são aparafusados à estrutura principal o que fornece uma resistência bastante significativa, no que diz respeito aos elementos de união e de fixação do edifício.

As coberturas, normalmente inclinadas de duas águas, são colocadas em obra de forma semelhante às lajes do piso e recorrendo à mesma tipologia de perfis. Quando se pretende construir algo com uma complexidade superior ao nível de arquitetura, são utilizadas treliças pré-montadas com perfis em aço, ligados maioritariamente por parafusos, que permitem ao cliente uma maior liberdade de escolha ao nível do *design* da habitação.

Os pilares são unidos à infraestrutura através de sapatas metálicas que se adaptam às condições do terreno auxiliando em questões de nivelamento da estrutura principal do edifício. Todos estes elementos apresentam uma vasta gama de dimensões otimizada, que proporcionam uma elevada adaptabilidade e flexibilidade do sistema construtivo.

O sistema construtivo *Modiko* permite o desenvolvimento de projetos personalizados adaptáveis a cada situação em concreto devido à sua construção se aproximar e assemelhar-se a um jogo de legos. A principal vantagem deste sistema reside no facto de se adaptar a diferentes soluções ao nível da arquitetura aliado às vantagens da fabricação em série.

Relativamente à capacidade de expansão ou diminuição das áreas do edifício, como a estrutura principal não tem as habituais “paredes estruturais”, existe uma elevada capacidade de adaptação em função das necessidades do proprietário ao longo do tempo.

5.3.1. PERFIS *PERFLEX*

Os perfis *Perflex* (Fig. 34) são o elemento mais importante do sistema construtivo *Modik*. São constituídos por aço galvanizado moldado a frio e apresentam uma classe de resistência S275, tal como os restantes elementos construtivos em aço.

As principais características dos perfis *Perflex* são (Fig. 35):

- Aço enformado a frio e galvanizado;
- Forma em “C”;
- Espessura de 3mm;
- Possibilidade de formar pilares e vigas;
- Várias combinações possíveis;
- Não necessita de soldaduras.

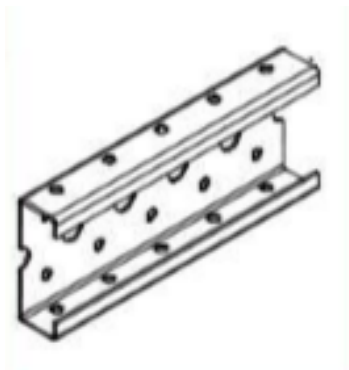


Fig. 34 – Perfil *Perflex*



Fig. 35 – Exemplo de uniões entre diversos perfis *Perflex*

Os perfis *Perflex* são utilizados, maioritariamente, como vigas de piso tendo a particularidade de não necessitarem de soldaduras para realizar as uniões entre eles, usando apenas acessórios em L (cantoneiras) para efetuar as ligações às vigas principais. Cada perfil *Perflex* pesa aproximadamente 6,5 Kg/ml.

De seguida, apresentam-se diversas tipologias de perfis utilizados pelo sistema de construção *Modiko*, sendo o perfil C1 (Fig. 36) o elemento fundamental, uma vez que serve de base à constituição de

diversos perfis compostos, designados por C2 (Fig. 37), C3 e C4 (Fig. 38). Cada perfil *Modiko* C1 pesa, aproximadamente, 8Kg/ml.

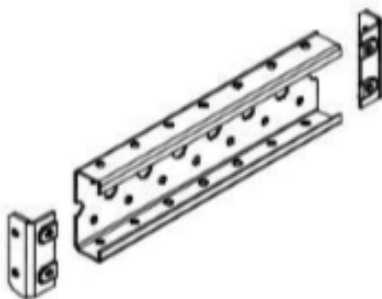


Fig. 36 – Perfil *Modiko* C1

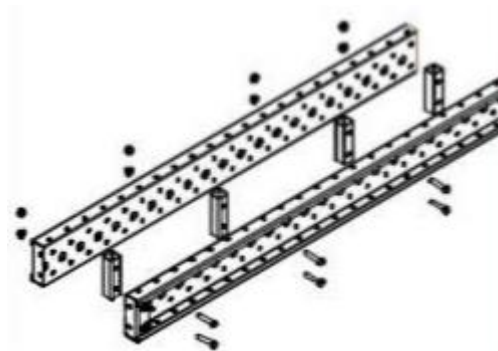


Fig. 37 – Perfil *Modiko* C2

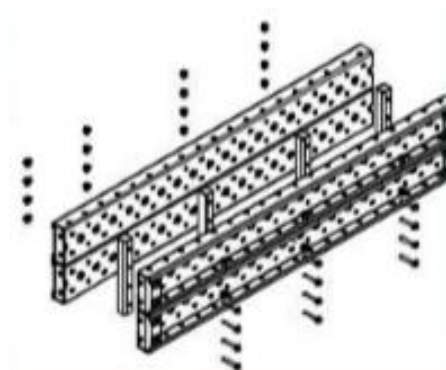


Fig. 38 – Perfil *Modiko* C4

Cada perfil é fixado à estrutura recorrendo a parafusos M12 e tem a configuração em “C”. Este formato deve-se ao facto do perfil ser produzido em série e apresentar imensas combinações possíveis, sendo produzido a partir de chapas de aço com uma classe de resistência e de qualidade S235JR.

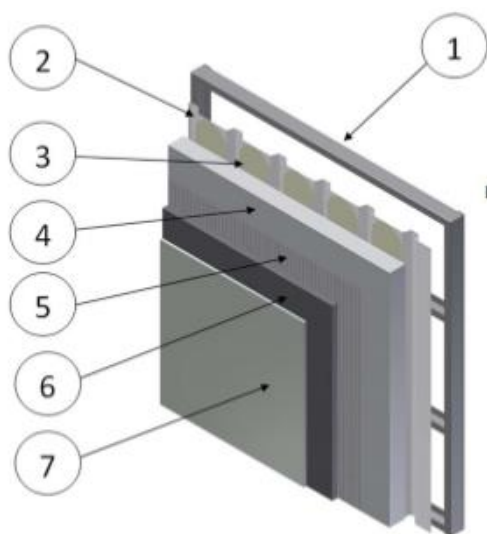
O produto final é galvanizado por forma a garantir as melhores condições de resistência à corrosão e nas extremidades, o perfil é fechado recorrendo a dois topos em forma de L soldados, tal como demonstram as figuras 36 a 38.

5.3.2. PAREDES *MODIKO*

As paredes exteriores deste sistema construtivo são compostas por painéis de fachada do estilo *Modiko* e são produzidos em duas partes distintas:

- Parte exterior: é realizada em fábrica e apresenta sempre a mesma estrutura (Fig. 39), em todos os casos sendo produzida em forma de *kit*;
- Parte interior: esta componente não está incluída no *kit* de construção; depende do tipo de obra e das decisões que forem tomadas entre o cliente e a empresa, sendo que normalmente é aplicado gesso cartonado acompanhado de lã de rocha.

As paredes exteriores *Modiko* caracterizam-se por serem compactas e resistentes, leves, fáceis de transportar, assegurarem rapidez na montagem em obra e por incorporarem, na fase de produção, o isolamento térmico e acústico.



Legenda:

- 1- Estrutura em aço galvanizado;
- 2- Chapa em aço galvanizado;
- 3- Cola poliuretano;
- 4- EPS (Poliestireno expandido);
- 5- Rede em fibra de vidro;
- 6- Argamassa de base;
- 7- Revestimento final.

Fig. 39 – Parte exterior representativa de uma parede *Modiko*, (Mota, 2013)

5.4. AVALIAÇÃO DOS INDICADORES DE SUSTENTABILIDADE

Com vista à aplicação do Método “ECO-GREEN Pré-fabricação” ao caso de estudo apresentado em 5.2, determinam-se agora os resultados da avaliação de cada um dos indicadores de sustentabilidade descritos no tópico 4.4. e a respetiva pontuação de cada um deles, tendo em conta o sistema de classificação atrás descrito para cada um deles (ver capítulo 4).

5.4.1. AVALIAÇÃO DOS INDICADORES DE PRODUÇÃO

Neste tópico são expostos os resultados do cálculo de cada um dos Indicadores de Produção e a sua avaliação respetiva de 1 a 5 pontos.

5.4.1.1. Cálculo do Indicador A.1.

Iniciando a análise pelos indicadores de produção, o indicador A.1, Funcionalidade e/ou Adaptabilidade, apresenta uma metodologia de cálculo baseada em 3 questões que se apresentam e respondem de seguida:

- 1- O edifício tem a capacidade de aumentar ou diminuir de tamanho? Sim
- 2- O edifício adapta-se a pessoas de mobilidade reduzida? Sim
- 3- O edifício pode ser transportado para outro local? Não

Atendendo que as questões 1 e 2 obtêm classificações consideradas positivas para o desenvolvimento sustentável do edifício, atribui-se de acordo com o sistema de classificação apresentado na Tab. 3, o resultado “Funcional” com uma classificação respetiva de 4 pontos.

5.4.1.2. Cálculo do Indicador A.2.

O indicador A.2., Produção de RCD, apresenta uma metodologia de cálculo baseada na fórmula que se apresenta na equação (2).

$$A.2. = \frac{\text{Quantidade de RCD produzidos}}{\text{Área bruta de construção}} = \frac{1200}{334.60} = 3.586 \quad (2)$$

Atendendo ao sistema de classificação apresentado na Tab. 5, o resultado está entre [0,1 - 5] o que corresponde a uma avaliação de 4 pontos.

5.4.1.3. Cálculo do Indicador A.3.

O indicador A.3., Condições de armazenamento temporário, apresenta uma metodologia de cálculo baseada em 3 questões que se apresentam e respondem de seguida:

- 1- Há necessidade de armazenamento temporário? Sim
 - 1.1- Se sim, durante quanto tempo? Neste caso, o tempo mais crítico é de, aproximadamente, duas semanas.
 - 2- Existem condições apropriadas para se proceder ao armazenamento? As instalações estão preparadas e tem um espaço amplo e coberto para armazenar os elementos construtivos produzidos.

Atendendo à análise das respostas às questões propostas é de salientar que na questão 1 o ideal era não ser necessário recorrer a armazenamento temporário, por isso, de acordo com o sistema de classificação apresentado na Tab. 7, atribui-se o resultado “Muito bom” com uma classificação respetiva de 4 pontos.

5.4.1.4. Cálculo do Indicador A.4.

O indicador A.4., Arquitetura, apresenta uma metodologia de cálculo baseada em 3 questões que se apresentam e respondem de seguida:

- 1- O projeto realizado vai de encontro com o desejo do cliente? Sim, foi elaborado um projeto de acordo com os interesses e o objetivo pretendido pelo cliente.
- 2- Existe harmonia entre as divisões? Sim
- 3- O edifício tem uma boa acessibilidade? Sim, a habitação possui um caminho de acesso personalizado que serve a habitação. No interior da propriedade, devido aos grandes vãos envidraçados que possui, o edifício é acessível por várias frentes.

Atendendo que as questões obtêm classificações consideradas positivas, atribui-se de acordo com o sistema de classificação apresentado na Tab. 9, o resultado “Muito bom” com uma classificação respetiva de 5 pontos.

5.4.1.5. Cálculo do Indicador A.5.

O indicador A.5., Consumo de água, apresenta uma metodologia de cálculo baseada na quantidade de água, em litros, utilizada por m³ de construção.

A Construção Pré-fabricada executada através do sistema construtivo *Modiko* apresenta como material base o aço. Como este chega às instalações pronto a ser utilizado, apenas é necessário cortá-lo e adaptá-lo à construção que se pretende. Neste caso, como o corte do aço não necessita de água uma vez que este é realizado recorrendo a um laser estima-se que o gasto de água por m³ seja bastante inferior à média no mundo da construção.

Assim sendo, atendendo ao sistema de classificação apresentado na Tab. 11, considera-se o resultado “< 50”, o que corresponde a uma avaliação de 5 pontos.

5.4.1.6. Cálculo do Indicador A.6.

O indicador A.6., Eficiência na utilização da água, apresenta uma metodologia de cálculo baseada em 3 questões que se apresentam e respondem de seguida:

- 1- Existem sistemas de reutilização de água? Não
- 1.1- Se sim, que quantidade se reutiliza por m³? Não aplicável
- 2- Não sendo reutilizada de imediato no mesmo processo, a água é armazenada após a sua utilização? Não

Atendendo que as respostas às questões propostas não beneficiam um uso eficaz e eficiente da água no sistema produtivo, atribui-se de acordo com o sistema de classificação apresentado na Tab. 13, o resultado “Mau” com uma classificação respetiva de 1 ponto.

5.4.1.7. Cálculo do Indicador A.7.

O indicador A.7., Custo de construção, apresenta uma metodologia de cálculo baseada no custo por m³ de construção, expresso em euros.

O custo por m³ de Construção Pré-fabricada em aço do sistema construtivo *Modiko* é, de, aproximadamente, 340€.

Atendendo o sistema de classificação apresentado na Tab. 15, o resultado é “[300 - 399]”, o que corresponde a uma avaliação de 4 pontos.

5.4.2. AVALIAÇÃO DOS INDICADORES DE TRANSPORTE

Neste tópico são expostos os resultados do cálculo de cada um dos Indicadores de Transporte e a sua avaliação respetiva de 1 a 5 pontos:

5.4.2.1. Cálculo do Indicador B.1

O indicador B.1., Condições de Transporte, apresenta uma metodologia de cálculo baseada na fórmula que se apresenta na equação (3).

$$B.1. = \frac{\text{Volume ocupado pela carga}}{\text{Volume máximo permitido pelo veículo}} * 100 \quad (3)$$

Atendendo que não se obteve resultado para os parâmetros envolvidos nesta fórmula por parte da empresa que executou esta obra, é atribuída uma classificação intermédia de 3 pontos.

5.4.2.2. Cálculo do Indicador B.2

O indicador B.2., Veículo transportador, apresenta uma metodologia de cálculo baseada em 3 questões que se apresentam e respondem de seguida:

- 1- É necessário um veículo de transporte especial? Neste caso, atendendo à dimensão da obra não foi necessário recorrer a transporte especiais.
- 2- Qual o estado de conservação do veículo? O veículo encontra-se em bom estado.
- 3- A caixa é aberta ou fechada? A caixa é fechada.
- 4- Qual a fonte de energia do veículo? O veículo é movido a gasóleo.

Atendendo que as respostas às questões propostas, atribui-se de acordo com o sistema de classificação apresentado na Tab. 19, o resultado “Bom” com uma classificação respetiva de 4 pontos.

5.4.2.3. Cálculo do Indicador B.3

O indicador B.3., Tempo de viagem, apresenta uma metodologia de cálculo baseada no tempo de viagem a que a carga está sujeita desde as instalações de produção até ao local da obra.

O tempo de viagem estimado neste caso concreto é de aproximadamente 1 hora e 30 minutos, valor calculado entre as instalações de produção e o local da obra.

Atendendo ao sistema de classificação apresentado na Tab. 21, o resultado é “[1 - 2]”, o que corresponde a uma avaliação de 4 pontos.

5.4.3. AVALIAÇÃO DOS INDICADORES DE APLICAÇÃO

Neste tópico são expostos os resultados do cálculo de cada um dos Indicadores de Aplicação e a sua avaliação respetiva de 1 a 5 pontos.

5.4.3.1. Cálculo do Indicador C.1

O indicador C.1., Elementos de união e fixação, apresenta uma metodologia de cálculo baseada em 3 questões que se apresentam e respondem de seguida:

- 1- O material utilizado para efetuar as uniões entre as diversas componentes é durável e resistente? Sim, o material utilizado para efetuar todas as ligações é o aço.
- 2- O material utilizado para efetuar as ligações entre a estrutura e as sapatas oferece resistência e segurança? Sim, o elemento utilizado para efetuar todas as ligações é o parafuso.
- 3- É necessário realizar manutenção destes elementos de ligação? Não necessita de gastos de manutenção significativos.

Atendendo às respostas acima e ao sistema de classificação apresentado na Tab. 23, o resultado é “Muito bom”, o que corresponde a uma avaliação de 5 pontos.

5.4.3.2. Cálculo do Indicador C.2

O indicador C.2., Terreno e fundações, apresenta uma metodologia de cálculo baseada em 4 questões que se apresentam e respondem de seguida:

- 1- Foi realizado um estudo geotécnico do local da obra? Sim.

- 2- O terreno possui a inclinação de acordo com o projeto? Sim.
- 3- As fundações estão de acordo com o projeto? Sim.
- 4- Existem obstáculos no local que podem dificultar a aplicação dos componentes pré-fabricados? Não.

Atendendo às respostas acima e ao sistema de classificação apresentado na Tab. 25, o resultado é “Muito bom”, o que corresponde a uma avaliação de 5 pontos.

5.4.3.3. Cálculo do Indicador C.3

O indicador C.3., Saúde, Higiene e Segurança em obra, apresenta uma metodologia de cálculo baseada na fórmula que se apresenta na equação (4).

$$C.3. = \frac{N^{\circ} \text{ de Leis em cumprimento}}{N^{\circ} \text{ total de leis a cumprir}} * 100 \quad (4)$$

Atendendo que não se obteve resultado para os parâmetros envolvidos nesta fórmula por parte da empresa que executou esta obra, é atribuída uma classificação intermédia de 3 pontos.

5.4.4. AVALIAÇÃO DOS INDICADORES DE ENERGIA

Neste tópico são expostos os resultados do cálculo de cada um dos Indicadores de Energia e a sua avaliação respetiva de 1 a 5 pontos.

5.4.4.1. Cálculo do Indicador D.1

O indicador D.1., Fontes de energia, apresenta uma metodologia de cálculo baseada na fórmula que se apresenta na equação (5).

$$D.1. = \frac{\text{Energia produzida a partir de fontes renováveis}}{\text{Energia total consumida pelo edifício}} * 100 \quad (5)$$

Atendendo que não se obteve resultado para os parâmetros envolvidos nesta fórmula por parte da empresa que executou esta obra, é atribuída uma classificação intermédia de 3 pontos.

5.4.4.2. Cálculo do Indicador D.2

O indicador D.2., Sistemas de aquecimento, apresenta uma metodologia de cálculo baseada na fórmula que se apresenta na equação (6).

$$D.2. = \frac{\text{Energia produzida a partir de fontes renováveis}}{\text{Energia total consumida para aquecimento}} * 100 \quad (6)$$

Atendendo que não se obteve resultado para os parâmetros envolvidos nesta fórmula por parte da empresa que executou esta obra, é atribuída uma classificação intermédia de 3 pontos.

5.4.4.3. Cálculo do Indicador D.3

O indicador D.3., Sistemas de arrefecimento, apresenta uma metodologia de cálculo baseada na fórmula que se apresenta na equação (7).

$$D.3. = \frac{\text{Energia produzida a partir de fontes renováveis}}{\text{Energia total consumida para arrefecimento}} * 100 \quad (7)$$

Atendendo que não se obteve resultado para os parâmetros envolvidos nesta fórmula por parte da empresa que executou esta obra, é atribuída uma classificação intermédia de 3 pontos.

5.4.5. AVALIAÇÃO DOS INDICADORES DE MATERIAIS

Neste tópico são expostos os resultados do cálculo de cada um dos Indicadores de Materiais e a sua avaliação respetiva de 1 a 5 pontos.

5.4.5.1. Cálculo do Indicador E.1

O indicador E.1., intitulado “Carbono incorporado”, apresenta uma metodologia de cálculo baseada no valor de carbono incorporado do material mais utilizado na construção.

No sistema de construção *Modiko*, o material mais utilizado é o aço que apresenta um valor de carbono incorporado de, aproximadamente, 1.7 kgCO₂.

Atendendo ao sistema de classificação apresentado na Tab. 35, o resultado situa-se no intervalo “[2 - 3]”, o que corresponde a uma avaliação de 4 pontos.

5.4.5.2. Cálculo do Indicador E.2

O indicador E.2., Conforto térmico, apresenta uma metodologia de cálculo baseada no valor do coeficiente de transmissão térmica das paredes exteriores, U, expresso em [W/(m².°C)]

No sistema construtivo *Modiko* o coeficiente de transmissão térmica das paredes exteriores apresenta o valor de 0.29 W/(m².°C).

Atendendo ao sistema de classificação apresentado na Tab. 37, o resultado é “< 0,4” , o que corresponde a uma avaliação de 5 pontos.

5.4.5.3. Cálculo do Indicador E.3

O indicador E.3., intitulado “Reação ao fogo”, apresenta uma metodologia de cálculo baseada na análise da classe de reação ao fogo dos materiais utilizados na construção.

No sistema de construção *Modiko*, o pior material desta matéria é o poliestireno expandido (EPS 100) que possui uma classe de reação ao fogo tipo “E”.

Atendendo ao sistema de classificação apresentado na Tab. 39, o resultado corresponde à classe de resistência ao fogo E, o que corresponde a uma avaliação de 1 ponto.

5.4.5.4. Cálculo do Indicador E.4

O indicador E.4., intitulado “Conforto acústico”, apresenta uma metodologia de cálculo baseada no valor do índice de isolamento acústico das paredes exteriores do edifício.

No sistema de construção *Modiko*, o valor do índice de isolamento acústico das paredes exteriores é de, 49.7 dB.

Atendendo ao sistema de classificação apresentado na Tab. 41, o resultado situa-se no intervalo [40 - 50], o que corresponde a uma avaliação de 4 pontos.

Observações: No que diz respeito ao indicador E.4, uma das medidas que pode ser implementada para melhorar o seu desempenho consiste em aumentar a massa dos elementos onde ocorre a propagação do ruído, como por exemplo, paredes e lajes. Outra medida que permite melhorar o conforto acústico de um edifício passa por duplicar os elementos construtivos envolvidos na propagação do ruído, como por exemplo, execução de paredes duplas (De Freitas, 2012).

5.4.5.5 Cálculo do Indicador E.5

O indicador E.5., intitulado “Reciclagem”, apresenta uma metodologia de cálculo baseada na fórmula que se apresenta na equação (8).

$$E.5. = \frac{\text{Quantidade de materiais reciclável}}{\text{Quantidade de materiais sobranter}} * 100 \quad (8)$$

Atendendo que não se obteve resultado para os parâmetros envolvidos nesta fórmula por parte da empresa que executou esta obra, é atribuída uma classificação intermédia de 3 pontos.

5.4.5.6. Cálculo do Indicador E.6

O indicador E.5., intitulado “Reutilização”, apresenta uma metodologia de cálculo baseada na fórmula que se apresenta na equação (9).

$$E.6. = \frac{\text{Quantidade de materiais reutilizáveis}}{\text{Quantidade de materiais sobranter}} * 100 \quad (9)$$

Atendendo que não se obteve resultado para os parâmetros envolvidos nesta fórmula por parte da empresa que executou esta obra, é atribuída uma classificação intermédia de 3 pontos.

5.4.6. AVALIAÇÃO DOS INDICADORES DE MÃO-DE-OBRA

Neste tópico são expostos os resultados do cálculo de cada um dos Indicadores de Mão-de-obra e a sua avaliação respetiva de 1 a 5 pontos.

5.4.6.1. Cálculo do Indicador F.1

O indicador F.1., intitulado “Tempo de formação dos trabalhadores”, apresenta uma metodologia de cálculo baseada na fórmula que se apresenta na equação (10).

$$F.1. = \frac{\text{Número de horas de formação}}{\text{Número de trabalhadores formados}} \quad (10)$$

Atendendo que não se obteve resultado para os parâmetros envolvidos nesta fórmula por parte da empresa que executou esta obra, é atribuída uma classificação intermédia de 3 pontos.

5.4.6.2. Cálculo do Indicador F.2

O indicador F.2., intitulado “Produtividade no trabalho”, apresenta uma metodologia de cálculo baseada na fórmula que se apresenta na equação (11).

$$F.2. = \frac{\text{Quantidade produzida (m}^3\text{)}}{\text{Número de horas de trabalho}} \quad (11)$$

Atendendo que não se obteve resultado para os parâmetros envolvidos nesta fórmula por parte da empresa que executou esta obra, é atribuída uma classificação intermédia de 3 pontos.

5.5. APLICAÇÃO DO “MÉTODO ECOGREEN PRÉ-FABRICAÇÃO”

Reunidas as avaliações de todos os indicadores de sustentabilidade adotados com vista à avaliação da sustentabilidade na Construção Pré-fabricada, recorre-se a uma tabela de cálculo com o objetivo de calcular a contribuição de cada indicador bem como o resultado final da avaliação.

Na Tabela 52 demonstra-se agora a aplicação do “Método ECOGREEN Pré-fabricação”, tendo em conta a avaliação de cada indicador calculada no tópico 5.4.

Tabela 52 – Aplicação do “Método ECOGREEN Pré-fabricação” apresentando os valores das avaliações atribuídas a cada indicador em análise

Método ECOGREEN - Pré-Fabricação						
Áreas em análise	Indicadores de Sustentabilidade	Tipo de avaliação	Influência a por área (%)	Influência a por Indicador (%)	Avaliação por Indicador (0 - 5)	Contribuição (0-100)
A. Produção	1. Funcionalidade e/ou Adaptabilidade	Qualitativa	31	4	4	3,2
	2. Produção de RCD	Quantitativa		5	4	4
	3. Condições de armazenamento temporário	Qualitativa		3	4	2,4
	4. Arquitetura	Qualitativa		5	5	5
	5. Consumo de água	Quantitativa		4	5	4
	6. Eficiência na utilização de água	Qualitativa		4	1	0,8
	7. Custo de construção	Quantitativa		6	4	4,8

B. Transporte	1. Condições de transporte	Quantitativa	7	3	3	1,8
	2. Veículo transportador	Qualitativa		2	4	1,6
	3. Tempo de viagem	Quantitativa		2	4	1,6
C. Aplicação	1. Elementos de união e de fixação	Qualitativa	15	5	5	5
	2. Terreno e Fundações	Qualitativa		4	5	4
	3. Saúde, Higiene e Segurança em obra	Quantitativa		6	3	3,6
D. Energia	1. Fontes de energia	Quantitativa	13	5	3	3
	2. Sistemas de aquecimento	Quantitativa		4	3	2,4
	3. Sistemas de arrefecimento	Quantitativa		4	3	2,4
E. Materiais	1. Carbono incorporado	Quantitativa	27	5	4	4
	2. Conforto térmico	Quantitativa		5	5	5
	3. Reação ao fogo	Qualitativa		5	1	1
	4. Conforto acústico	Quantitativa		4	4	3,2
	5. Reciclagem	Quantitativa		4	3	2,4
	6. Reutilização	Quantitativa		4	3	2,4
F. Mão-de-obra	1. Tempo de formação dos trabalhadores	Quantitativa	7	3	3	1,8
	2. Produtividade no trabalho	Quantitativa		4	3	2,4
TOTAL			100	100		71.8

O resultado final após a aplicação do “Método ECOGREEN – Pré-fabricação” foi de 71.8 pontos.

Atendendo ao sistema de classificação estabelecido, de acordo com a Tabela 51, atribui-se o “Certificado ECOGREEN Prata” a este caso de estudo.

5.6. INCORPORAÇÃO DO “MÉTODO ECO-GREEN PRÉ-FABRICAÇÃO” NO MERCADO DA CONSTRUÇÃO

O método de avaliação da sustentabilidade proposto pode ser adotado por diversas associações e entidades que atuam no mercado da construção. De modo a ser incorporado por essas entidades que atuam no mercado da construção poderá ser necessário proceder a algumas modificações e/ou adaptações do método proposto.

Pretende-se que a Certificação ECOGREEN seja atribuída numa fase inicial por terceiros, à semelhança do que acontece com a metodologia LEED, podendo mesmo ser integrada nesta mesma metodologia como mais uma variante. Tal como o método LEED, conforme foi referido em 2.6.1.3., pretende-se que este se destaque pela sua adaptabilidade e flexibilidade em relação a qualquer sistema de Construção Pré-fabricada. O facto de se inserir numa plataforma com esta dimensão de mercado fornece inúmeras garantias de progressão, sendo um grande passo para que a certificação deste setor possa ser reconhecida em todo o mundo da construção.

Além deste, a metodologia pode incorporar por qualquer outra metodologia de avaliação da sustentabilidade da construção, constituindo mais uma variante da mesma e alargando o seu raio de ação no que concerne à atribuição de certificados de sustentabilidade.

Por outro lado, este método pode ser incorporado por outro tipo de associações, como por exemplo a APCER (Associação portuguesa de certificação) permitindo atribuir uma classificação aos edifícios construídos recorrendo, exclusivamente, a sistemas de Construção Pré-fabricada.

6

CONCLUSÃO

6.1. CONSIDERAÇÕES FINAIS

O mercado da construção civil necessita de constante evolução e inovação tal como qualquer outro, procurando incessantemente implementar novos materiais, elaborando sistemas de construção cada vez mais eficazes e, hoje em dia, procurando melhorar a sua sustentabilidade permitindo às empresas melhorarem a sua imagem, qualidade de serviço e, conseqüentemente, a sua competitividade no mercado da construção.

Os sistemas de pré-fabricação constituem uma oportunidade para lidar com problemas que vão desde a necessidade de implementar processos construtivos mais eficientes e alternativos à “construção tradicional” até à reduzida e pouco qualificada mão-de-obra existente. A produção dos elementos construtivos em unidades fabris torna os processos mais rápidos e racionais sendo executada por trabalhadores especializados, além de permitir um controlo acrescido da execução e qualidade de uma determinada obra.

Atendendo às inúmeras exigências produtivas e ao nível ambiental e energético a que o setor da construção tem de obedecer, o recurso à construção industrializada e à racionalização de processos acarreta diversas vantagens para todos os intervenientes do setor. A construção pré-fabricada, sendo muito mais do que um conceito ou uma moda, proporciona a possibilidade do setor da construção poder renascer e afirmar-se de novo enquanto indústria de produção em massa, constituindo assim um dos caminhos possíveis com vista a ultrapassar os desafios e as exigências associados ao setor (Couto e Couto, 2007a).

Constata-se que a Construção Pré-fabricada possui diversos obstáculos à sua implementação, destacando-se o estigma social de que a qualidade é inferior à “construção tradicional” e que o tamanho ou a criatividade ao nível da arquitetura é limitado, o que se julga não ser verdade.

Assim, a avaliação da sustentabilidade de sistemas de Construção Pré-fabricada torna-se extremamente importante com vista à projeção e melhoria desta técnica construtiva, tendo sido cumpridos todos os objetivos complementares inicialmente propostos bem como o objetivo principal desta dissertação: Criar um método de avaliação da sustentabilidade na Construção Pré-fabricada.

O método proposto intitula-se “Método ECOGREEN Pré-fabricação” e permite atribuir um Certificado de Sustentabilidade a edifícios construídos, recorrendo a sistemas de pré-fabricação baseado em diversos indicadores que abrangem diversas áreas da sustentabilidade. Estes são analisados individualmente sendo atribuída uma avaliação através de um sistema de classificação que

se baseia numa escala que varia entre 1 a 5 pontos. Posteriormente, com o auxílio de uma ferramenta de cálculo, é atribuída uma classificação final que varia entre 0 e 100 pontos e é atribuído um certificado de sustentabilidade correspondente à pontuação obtida.

6.2. PERSPECTIVAS FUTURAS

Em relação à Construção Pré-fabricada, considera-se fundamental apostar cada vez mais na divulgação das suas potencialidades, apresentando às empresas as vantagens que lhes permitem atingir níveis de competitividade elevados de forma prática, simples e transparente e apresentar, também, a todos os intervenientes no setor da construção e da população em geral as vantagens do uso da pré-fabricação.

Considera-se que o método de avaliação da sustentabilidade apresentado é uma mais-valia para o mercado da construção na medida em que pode proporcionar um reconhecimento acrescido do mercado em relação à sustentabilidade das obras que recorrem à Pré-fabricada.

Admitindo diversas lacunas que possam existir na elaboração deste método, considera-se que um método baseado nestes princípios e nesta ideologia é muito importante para que o mercado da Construção Pré-fabricada possa evoluir de forma mais forte e sustentada.

Fica claro e em aberto que o método se trata apenas de um protótipo que pode ser usado como base por pessoas ou entidades envolvidas no mundo da construção e/ou certificação de edifícios, que manifestem vontade de aprofundar esta temática tão importante para a evolução e o aumento da utilização da pré-fabricação na construção.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ACKER, Arnold Van (2002) - Manual de sistemas pré-fabricados de concreto. Traduzido por Marcelo [Em linha].
- AGOSTINHO, FENI; ORTEGA, ENRIQUE; ROMEIRO, ADEMAR (2007) - Índices versus indicadores: precisões conceituais na discussão da sustentabilidade de países. Ambiente & sociedade [Em linha]. 10:2. 137-148.
- BAGANHA, Maria Ioannis; MARQUES, José Carlos; GÓIS, Pedro (2002) - O sector da construção civil e obras públicas em Portugal: 1990-2000. Oficina do CES [Em linha]. 173: 1-35. ISSN 2182-7966.
- BRE (2017) - welcome to BRE. [Em linha]. [Consult. 4 Abril 2017]. Disponível em WWW: <URL: <http://www.bre.co.uk/>>.
- BREEAM (2017) - What is BREEAM? [Em linha]. [Consult. 4 Abril 2017]. Disponível em WWW: <URL: <http://www.breeam.com/>>.
- BROWN, Lester Russell (2001) - State of the World, 2001: A Worldwatch Institute Report on Progress Toward a Sustainable Society. WW Norton & Company. ISBN 0393048667.
- BRUNDTLAND, Gro Harlem (1987) - Report of the World Commission on environment and development: "our common future.". United Nations.
- CERTIVEA (2017) - HQE Bâtiment durable [Em linha]. [Consult. 2 Maio 2017]. Disponível em WWW: <URL: <http://www.certivea.fr/offres/certification-hqe-batiment-durable>>.
- CONSTRUÇÃO-EM-AÇO, Casas pré-fabricadas - (2017) - [Em linha]. Disponível em WWW: <URL: <http://www.casaprefabricada.org/casas-pre-fabricadas-construcao-em-aco>>.
- COUNCIL, US Green Building (2009) - LEED for neighborhood development. A prescription for green healthy communities. Available at: <http://www.greenhomeguide.org/living-green/led-for-neighborhood-development.html>. Accessed March [Em linha]. 15:
- COUTO, Armanda Bastos; COUTO, J Pedro (2007a) - Os benefícios ambientais e a racionalização do efeito de aprendizagem na indústria da pré-fabricação. [Em linha].
- (2007b) - Vantagens produtivas e ambientais da pré-fabricação. [Em linha].
- COUTO, João Pedro; TEIXEIRA, José Cardoso (2003) - O efeito da aprendizagem no planeamento da construção. Revista Internacional CONSTRULINK–Estruturas e Construção [Em linha]. 1:4. 38-44.
- DA LÍNGUA PORTUGUESA, Dicionário Priberam (2017) - Disponível em:< <http://www.priberam.pt/dlpo/>>. [Em linha]. 5:
- DE FREITAS, Vasco Peixoto (2012) - Manual de apoio ao projecto de reabilitação de edifícios antigos. Ordem dos Engenheiros da Região Norte, Porto.
- DREAMDOMUS (2017a) - Projeto HOMEZERO [Em linha]. [Consult. 19 Abril 2017]. Disponível em WWW: <URL: http://www.dreamdomus.com/pt/noticias/home_zero/>.
- (2017b) - Projeto QUICK BUILD [Em linha]. [Consult. 19 Abril 2017]. Disponível em WWW: <URL: <http://www.dreamdomus.com/pt/noticias/quick-build/>>.

ECOCHOICE (2017) - I&D | SBTOOL PT - STPU. [Em linha]. [Consult. 13 Maio 2017]. Disponível em WWW: <URL: <http://www.ecochoice.pt/iad/sbtoolpt-stpu>>.

EUROPEIA, Comissão (2011) - Guia de boas práticas não vinculativo para a compreensão e a aplicação da Directiva 92/57/CEE relativa às prescrições mínimas de segurança e de saúde a aplicar nos estaleiros temporários ou móveis (Directiva «Estaleiros»). União Europeia, Luxemburgo.

FARCIMAR (2017) - FARCIMAR [Em linha]. [Consult. 20 Abril 2017]. Disponível em WWW: <URL: <http://farcimar.pt/pt/>>.

FARIA, J. Amorim (1996) - Divisória leves prefabricadas - Conceção e avaliação da viabilidade de um sistema realizado com base em madeira e derivados. FEUP. 337 p.

--- (2016) - Apontamentos de Apoio à Unidade Curricular de Tecnologias e Sistemas Construtivos.

FERNANDES, Álvaro Manuel Vaz (2014) - Métodos de avaliação da sustentabilidade das construções. FEUP.

FERREIRA, Ana (2007) - Soluções Técnicas para Isolamento Sonoro de Edifícios de Habitação. Lisboa: Instituto Superior Técnico Universidade de Lisboa [Em linha].

FERREIRA, Bruno Luís Alípio (2010) - Construção de edifícios sustentáveis: contribuição para a definição de um processo operativo. Faculdade de Ciências e Tecnologia.

GBCE (2017) - Green building council espâna. [Em linha]. [Consult. 5 Abril 2017]. Disponível em WWW: <URL: <http://www.gbce.es/>>.

GBCESPÂNA (2016) - Informe anual 2016. [Em linha]. Disponível em WWW: <URL: [http://www.gbce.es/archivos/ckfinder/16793files/GBCe%20Informe%20anual%202016\(1\).pdf](http://www.gbce.es/archivos/ckfinder/16793files/GBCe%20Informe%20anual%202016(1).pdf)>.

HOSPITAL_DE_LAMEGO (2017) - [Em linha]. [Consult. 28 Abril 2017]. Disponível em WWW: <URL: <http://ocastendo.blogs.sapo.pt/degrada-se-a-situacao-do-hospital-de-2112290>>.

IBEC (2017) - CASBEE [Em linha]. [Consult. 3 Abril 2017]. Disponível em WWW: <URL: <http://www.ibec.or.jp/CASBEE/english/overviewE.htm>>.

INOVATECH (2017) - Breeam [Em linha]. [Consult. 13 Abril 2017]. Disponível em WWW: <URL: <http://www.inovatech engenharia.com.br/breeam/>>.

ISOVER, Saint-gobain (2017) - Sustentabilidade: Certificações LEED, BREEAM e VERDE [Em linha]. [Consult. 3 Abril 2017]. Disponível em WWW: <URL: <https://www.isover.pt/sustentabilidade/certificacoes-leedr-breeamr-e-verder>>.

JULAR (2017) - [Em linha]. [Consult. 5 Maio de 2017]. Disponível em WWW: <URL: <http://www.jular.pt/empresa/historia>>.

LIDERA (2017a) - Apresentação - Sistema voluntário para avaliação da construção sustentável [Em linha]. [Consult. 3 Maio 2017]. Disponível em WWW: <URL: <http://www.lidera.info/?p=apresenta&RegionId=3>>.

--- (2017b) - LideraA - Principais princípios do LiderA [Em linha]. [Consult. 4 Maio 2017]. Disponível em WWW: <URL: <http://www.lidera.info/?p=MenuPage&MenuId=29>>.

LIDERA_DESTINATIONS (2017) - [Em linha]. [Consult. 5 Maio 2017]. Disponível em WWW: <URL:

<https://www.google.pt/search?biw=1517&bih=735&tbm=isch&sa=1&q=avalia%C3%A7%C3%A3o+liderA+classifica%C3%A7%C3%A3o+liderA+classifica%C3%A7%C3%A3o>

WORLDGBC (2017) - Japan Sustainable Building Consortium [Em linha]. [Consult. 3 Abril 2017]. Disponível em WWW: <URL: <http://www.worldgbc.org/member-directory/japan-sustainable-building-consortium>>.

ZMARECO (2017) - [Em linha]. [Consult. 6 Maio 2017]. Disponível em WWW: <URL: https://www.booking.com/hotel/pt/zmar-eco-camping-resort-and-spa.pt-pt.html?aid=311098;label=zmar-eco-camping-resort-and-spa-df80tH%2AHzorBaDc_rIxC8gS175887128331%3Apl%3Ata%3Ap1%3Ap2%3Aac%3Aap1t1%3Ane%3Afi%3Atiaud-146342138710%3Akwd-38296473032%3Alp1011759%3Ali%3Adec%3Adm;sid=2f152e70a6d62b2d7187fe0fe9ed7a3e;dest_id=-2180084;dest_type=city;dist=0;hpos=1;room1=A%2CA;sb_price_type=total;srfid=9344351c17622d0dd2b454770c708cfd0433cce2X1;type=total;ucfs=1&#hotelTmpl>.